

# Semiconducting device with radiation structure has connecting components between first and second radiating components and chip with better conductivity than tungsten and molybdenum

**Publication number:** DE10058446

**Publication date:** 2001-05-31

**Inventor:** MAMITSU KUNIAKI (JP); HIRAI YASUYOSHI (JP); NOMURA KAZUHITO (JP); FUKUDA YUTAKA (JP); KAJIMOTO KAZUO (JP); MIYAJIMA TAKESHI (JP); MAKINO TOMOATSU (JP); NAKASE YOSHIMI (JP)

**Applicant:** DENSO CORP (JP)

**Classification:**

- **international:** H01L23/051; H01L23/40; H01L23/433; H01L23/02; H01L23/34; (IPC1-7): H01L23/36; H01L23/051; H01L23/492; H01L25/07

- **European:** H01L23/051; H01L23/40B; H01L23/433E

**Application number:** DE20001058446 20001124

**Priority number(s):** JP19990333119 19991124; JP19990333124 19991124; JP20000088579 20000324; JP20000097911 20000330; JP20000097912 20000330; JP20000305228 20001004

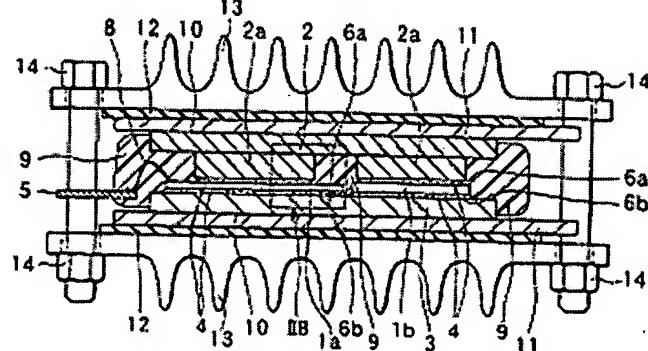
**Also published as:**

 US6703707 (B1)  
 FR2801423 (A1)

[Report a data error here](#)

## Abstract of DE10058446

The device has a semiconducting chip (1a,1b) and first and second radiating parts (2,3) thermally and electrically connected to it to carry away heat from it via radiating surfaces (10). First and second connecting components (4) arranged between the first radiating component and the chip and between the chip and the second radiating component are made of a metal better than tungsten and molybdenum at least in electrical or thermal conductivity. Independent claims are also included for the following: a method of manufacturing a semiconducting device and a method of manufacturing an electronic instrument.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 58 446 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**H 01 L 23/36**  
H 01 L 25/07  
H 01 L 23/051  
H 01 L 23/492

### 30 Unionspriorität:

11-333119	24. 11. 1999	JP
11-333124	24. 11. 1999	JP
00-88579	24. 03. 2000	JP
00-97911	30. 03. 2000	JP
00-97912	30. 03. 2000	JP
00-305228	04. 10. 2000	JP

⑦1 Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

74 Vertreter:

WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,  
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

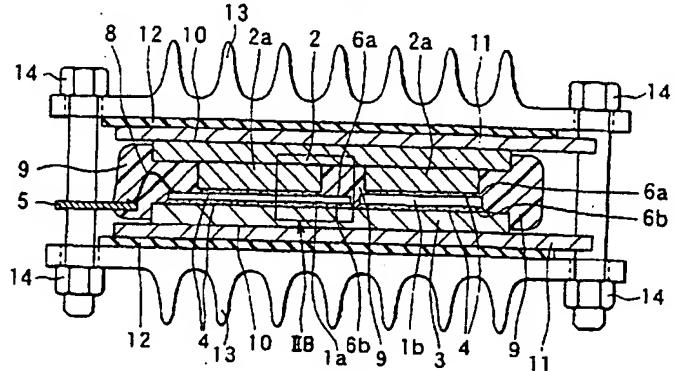
⑦ Erfinder:

Mamitsu, Kuniaki, Kariya, Aichi, JP; Hirai, Yasuyoshi, Kariya, Aichi, JP; Nomura, Kazuhito, Kariya, Aichi, JP; Fukuda, Yutaka, Kariya, Aichi, JP; Kajimoto, Kazuo, Kariya, Aichi, JP; Miyajima, Takeshi, Kariya, Aichi, JP; Makino, Tomoatsu, Kariya, Aichi, JP; Nakase, Yoshimi, Kariya, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

## 54 Halbleitervorrichtung mit Abstrahlungsstruktur, sowie Verfahren zu ihrer Herstellung

57) Beschrieben wird eine Halbleitervorrichtung, welche zwei Halbleiterchips (1a, 1b) aufweist, welche zwischen ein Paar von Abstrahlungsbauten (2, 3) gesetzt sind und hierbei thermisch und elektrisch mit den Abstrahlungsbauten in Verbindung stehen. Eines der Abstrahlungsbauten weist zwei vorstehende Abschnitte (2a) auf, wobei vordere Enden der vorstehenden Abschnitte mit den Hauptelektroden der Halbleiterchips in Verbindung sind. Die Abstrahlungsbauten sind aus einem metallischen Material, welches Kupfer oder Aluminium als Hauptkomponente enthält. Die Halbleiterchips und die Abstrahlungsbauten werden mit Kunststoff oder Kunstharz eingegossen, wobei nach außen hin freiliegende Abstrahlungssoberflächen (10) verbleiben.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Halbleitervorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 bzw. 14 bzw. 25 bzw. 32 bzw. 37 bzw. 43 bzw. 50 bzw. 54 mit einer Abstrahlungsstruktur, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Halbleitervorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruches 58 bzw. 60 bzw. 62. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Halbleitervorrichtung bzw. ein Herstellungsverfahren hierfür, wobei bei der Halbleitervorrichtung Wärme an beiden Seiten eines hierin aufgenommenen Halbleiterchips abgestrahlt wird.

Die JP-A-6-291223 offenbart ein Beispiel einer Halbleitervorrichtung, bei der Hitze oder Wärme an beiden Seiten oder von beiden Seiten eines Halbleiterchips abgestrahlt wird. Die Fig. 1A bis 1C zeigen diese Halbleitervorrichtung. Gemäß diesen Figuren schließt ein Paar von Abstrahlungsbauten J2 und J3 mehrere Halbleiterchips J1 zwischen sich ein, wobei die Abstrahlungsbauten thermisch und elektrisch mit den Halbleiterchips J1 verbunden sind. Die Anzahl von Halbleiterchips J1, die in einer Ebene angeordnet sind, und die Abstrahlungsbauten J2 und J3 sind mit einem Kunststoff oder Kunstharz J5 eingegossen oder gekapselt.

Jedes der Abstrahlungsbauten J2 und J3 dient als eine Elektrode und hat eine Oberfläche, welche frei von dem Kunstharz J5 an einer gegenüberliegenden Seite der Fläche ist, welche die Halbleiterchips J1 kontaktiert. Jedes der Abstrahlungsbauten J2 und J3 führt die Abstrahlung von Wärme dadurch aus, daß die freiliegende Oberfläche einen Kontaktkörper (nicht gezeigt) berühren kann, der eine Abstrahlungswirkung durchführen kann. Ein Steueranschluß J4, der mit einer Steuerelektrode der Halbleiterchips J1 verbunden ist, steht zur Außenseite des Kunstharzes J5 vor.

Für die Abstrahlungsbauten J2 und J3 wird entweder W (Wolfram) oder Mo (Molybdän) verwendet, da diese Materialien einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten haben, der annähernd gleich demjenigen der Halbleiterchips J1 ist. Das Abstrahlungsbau J2, welches mit den Oberflächen der Halbleiterchips J1 verbunden ist, an denen die Steuerelektrode ausgebildet ist, ist eine Emittorelektrode, und das Abstrahlungsbau J3, welches mit den Oberflächen der Halbleiterchips J1 an der gegenüberliegenden Seite der Steuerelektrode verbunden ist, ist eine Kollektorelektrode.

Eine Mehrzahl von Lötissen J7 steht von einer isolierenden Platte J6 vor, welche mittig eine Durchgangsbohrung hat, in welche das Abstrahlungsbau J2 als Emittorelektrode vorragt. Die Lötissen J7 sind mit Bondierungskissen verbunden, welche in Mustern auf den jeweiligen Halbleiterchips J1 vorhanden sind, die auf dem Abstrahlungsbau J3 als die Kollektorelektrode angeordnet sind.

Wenn die Abstrahlungsbauten J2 und J3, welche auch als Elektroden dienen, aus einem Metall gefertigt sind, beispielsweise W oder Mo mit linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten annähernd gleich demjenigen der Halbleiterchips J1, welche aus Si (Silizium) sind, haben diese Metalle bezüglich ihrer elektrischen Leitfähigkeit ungefähr ein Drittel von derjenigen von Cu (Kupfer) oder Al (Aluminium) und die thermische Leitfähigkeit beträgt ungefähr ein Drittel bis zwei Drittel hiervon. Somit verursacht unter Berücksichtigung der Umstände, daß wachsender Bedarf für einen hohen Stromfluß im Halbleitchip besteht, die Verwendung von W oder Mo als Abstrahlungsbau und gleichzeitig als Elektrode viele Probleme.

Weiterhin wird allgemein ein größerer Chip notwendig, um einen größeren Strom aufnehmen zu können. Es gibt jedoch viele technologische Probleme, die Chipgröße zu erhöhen, und es ist leichter, eine Mehrzahl kleinerer Chips herzu-

stellen und diese zu einer Packung oder einem Gehäuse zusammenzufassen.

In der Technik, wie sie in der oben genannten Veröffentlichung offenbart ist, sind die mehreren Halbleiterchips J1 in der Halbleitervorrichtung ausgebildet. Da jedoch gemäß Fig. 1A das Abstrahlungsbau J2 eine einfache rechteckförmige Gestalt hat und in der Mitte der Vorrichtung angeordnet ist, ist die Anordnung unterschiedlicher Halbleiterchips in einer Vorrichtung eingeschränkt. Mit anderen Worten, wenn sich die Halbleiterchips voneinander beispielsweise in der Dicke unterscheiden, ist es schwierig, die eine Emittorelektrode mit ihrer einfachen Form mit allen unterschiedlichen Halbleiterchips zu verbinden.

Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der obigen Probleme im Stand der Technik gemacht. Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es demnach, die Abstrahlungseigenschaft und die elektrische Leitfähigkeit einer Halbleitervorrichtung mit Abstrahlungsbauten zu verbessern, welche thermisch und elektrisch mit den beiden Flächen eines hierin aufgenommenen Halbleiterchips verbunden sind. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Halbleitervorrichtung so auszustalten, daß hierin problemlos mehrere unterschiedliche Halbleiterchips aufgenommen werden können. Schließlich ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung derartiger Halbleitervorrichtungen bereitzustellen.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die im Anspruch 1 bzw. 14 bzw. 25 bzw. 32 bzw. 37 bzw. 43 bzw. 50 bzw. 54 angegebenen Merkmale, was die Halbleitervorrichtung betrifft, sowie durch die im Anspruch 58 bzw. 60 bzw. 62 angegebenen Merkmale, was ein Herstellungsverfahren hierfür betrifft.

Beispielsweise sind gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung in einer Halbleitervorrichtung, bei der ein Halbleiterchip thermisch und elektrisch mit ersten und zweiten Abstrahlungsbauten verbunden ist, die ersten und zweiten Abstrahlungsbauten aus einem metallischen Material oder einem Metall gefertigt, welches wenigstens entweder in der elektrischen Leitfähigkeit oder der thermischen Leitfähigkeit Wolfram und Molybdän überlegen ist. Infolgedessen kann die Abstrahlungseigenschaft und die elektrische Leitfähigkeit der Halbleitervorrichtung verbessert werden.

Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung hat in einer Halbleitervorrichtung, bei der erste und zweite Halbleiterchips thermisch und elektrisch mit ersten und zweiten Abstrahlungsbauten verbunden sind, das erste Abstrahlungsbau erste und zweite vorstehende Abschnitte, welche in Richtung der ersten und zweiten Halbleiterchips vorstehen, und erste und zweite vordere Endabschnitte der ersten und zweiten vorstehenden Abschnitte sind thermisch und elektrisch mit den ersten und zweiten Halbleiterchips über ein Bondierbauteil verbunden.

Selbst wenn in diesem Fall die ersten und zweiten Halbleiterchips sich voneinander in ihrer Dicke unterscheiden, können die ersten und zweiten Abstrahlungsbauten mit ersten und zweiten Abstrahlungsoberflächen versehen werden, welche annähernd parallel zueinander sind, indem die Größen oder Größen entsprechend gewählt oder gesteuert werden, mit denen die ersten und zweiten vorstehenden Abschnitte vorstehen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist in einer Halbleitervorrichtung, bei der ein Halbleiterchip zwischen einem ersten leitfähigen Bauteil und einem zweiten leitfähigen Bauteil angeordnet ist, das erste leitfähige Bauteil weiterhin mit einem dritten leitfähigen Bauteil an einer gegenüberliegenden Seite des Halbleiterchips in einer Bondier-Verbindung, so daß ein Bondier- oder Verbin-

dungsbereich zwischen dem ersten leitfähigen Bauteil und dem dritten leitfähigen Bauteil kleiner als derjenige zwischen dem ersten leitfähigen Bauteil und dem Halbleiterchip ist. Infolgedessen können Belastungskonzentrationen am ersten leitfähigen Bauteil unterdrückt werden, so daß das Auftreten von Rissen verhindert ist. Dies führt zu einer verbesserten Abstrahlungseigenschaft und elektrischen Leitfähigkeit der Halbleitervorrichtung.

Weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung bzw. vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungsformen hiervon sind in den unabhängigen Ansprüchen bzw. den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

Weitere Einzelheiten, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich besser aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen hiervon unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

Es zeigt:

**Fig. 1A** schematisch eine Halbleitervorrichtung nach dem Stand der Technik;

**Fig. 1B** eine Schnittdarstellung durch die Halbleitervorrichtung von **Fig. 1A** entlang der dortigen Linie DB-IB;

**Fig. 1C** eine Schnittdarstellung durch die Halbleitervorrichtung von **Fig. 1A** entlang der dortigen Linie IC-IC;

**Fig. 2A** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer ersten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 2B** eine vergrößerte Schnittdarstellung durch die Halbleitervorrichtung von **Fig. 2A** in dem dort mit 2B gekennzeichneten Bereich;

**Fig. 3** eine Tabelle von Metallen, welche für ein Abstrahlungsbauteil in der ersten Ausführungsform verwendbar sind;

**Fig. 4A** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer zweiten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 4B** bis **4D** Schnittdarstellungen, in welche jeweils ein Abstrahlungsbauteil der ersten Seite und ein Si-Chip in der zweiten Ausführungsform dargestellt sind;

**Fig. 5A** bis **5D** Schnittdarstellungen, welche jeweils entlang der Linie VA-VA, VB-VB und VC-VC in den **Fig. 4B** bis **4D** genommen wurden;

**Fig. 6** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer dritten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 7** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer vierten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 5A** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer fünften bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 8B** eine Schnittdarstellung durch die Ausführungsform von **Fig. 8A** entlang der dortigen Linie VIIIB-VIIIB;

**Fig. 9A** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer sechsten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 9B** eine vergrößerte Schnittdarstellung eines mit dem Pfeil IXB in **Fig. 9A** gekennzeichneten Teils;

**Fig. 9C** eine Schnittdarstellung durch ein Beispiel in der sechsten Ausführungsform;

**Fig. 10** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer siebten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 11** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer achtten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 12** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer neunten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 13** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer zehnten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 14A** bis **14C** Querschnittsdarstellungen zur Erläuterung eines Verfahrens zur Herstellung der Halbleitervorrichtung in **Fig. 13** in den einzelnen Stufen;

**Fig. 15** eine Schnittdarstellung zur schematischen Veranschaulichung eines zweiten Leitungsbau Teils und eines Lötbauteils als modifiziertes Beispiel der zehnten Ausführungsform;

**Fig. 16** eine Schnittdarstellung zur schematischen Veranschaulichung eines Herstellungsverfahrens für eine Halbleitervorrichtung der elften Ausführungsform;

**Fig. 17** eine Schnittdarstellung zur schematischen Veranschaulichung eines Herstellungsverfahrens einer Halbleitervorrichtung der zwölften bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 18** eine Schnittdarstellung zur schematischen Veranschaulichung eines anderen Verfahrens zur Herstellung der Halbleitervorrichtung der zwölften Ausführungsform;

**Fig. 19** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer dreizehnten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 20A** bis **20C** Schnittdarstellungen zur Erläuterung eines Herstellungsverfahrens der Halbleitervorrichtung von **Fig. 19**;

**Fig. 21** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer vierzehnten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 22** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer fünfzehnten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 23** eine Schnittdarstellung zur Veranschaulichung einer Halbleitervorrichtung als Modifikation der dreizehnten Ausführungsform;

**Fig. 24** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer sechzehnten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 25** eine vergrößerte Schnittdarstellung zur Veranschaulichung eines durch die gestrichelte Linie in **Fig. 24** angedeuteten Teils;

**Fig. 26** eine Draufsicht auf die Halbleitervorrichtung in einer Richtung des Pfeiles XXVI in **Fig. 24**;

**Fig. 27** eine Draufsicht auf eine Halbleitervorrichtung in einer siebzehnten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 28A** eine Schnittdarstellung durch die Halbleitervorrichtung von **Fig. 27** entlang der dortigen Linie XXVIIIA-XXVIIIA;

**Fig. 28B** eine Schnittdarstellung durch die Halbleitervorrichtung von **Fig. 27** entlang der dortigen Linie XXVIIIB-XXVIIIB;

**Fig. 29** eine Darstellung eines Äquivalentschaltkreises in einem IGBT-Chip der Halbleitervorrichtung der siebzehnten Ausführungsform;

**Fig. 30A** bis **30D** schematische Darstellungen zur Veranschaulichung eines Herstellungsverfahrens von Abstrahlungsbauteilen in der siebzehnten Ausführungsform;

**Fig. 31** eine Darstellung einer Situation von der Seite gesehen, welche sich bei einem Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung ergibt;

**Fig. 32A** bis **32C** schematische Darstellungen eines Schrittes für die Kaltverformungs-Befestigung;

**Fig. 33** eine Schnittdarstellung durch einen IGBT-Chip als ein Beispiel;

**Fig. 34** eine Schnittdarstellung durch eine Halbleitervorrichtung einer achzehnten bevorzugten Ausführungsform;

**Fig. 35A** und **35B** Schnittdarstellungen eines Abstrahlungsbau Teils zur Verwendung in einem modifizierten Beispiel der achtzehnten Ausführungsform; und

**Fig. 36** eine Schnittdarstellung zur Veranschaulichung einer Halbleitervorrichtung in einer modifizierten Ausführungsform der siebzehnten Ausführungsform.

### Erste Ausführungsform

Eine erste bevorzugte Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 2A** und **2B** beschrieben. Gemäß **Fig. 2A** ist ein Paar von Abstrahlungsbau Teilen 2 und 3 so angeordnet, daß sie zwischen sich zwei Si-Chips 1a und 1b einschließen, die in einer Ebene liegen. Die Abstrahlungsbau Teile 2 und 3 sind thermisch und elektrisch mit den Hauptelektroden der Si-Chips 1a und 1b über Bondierbauteile 4 verbunden. Nachfolgend bedeutet "Verbindung" eine ther-

mische und elektrische Verbindung mit Ausnahme derjenigen Fälle, in denen eine spezielle Beschreibung erfolgt. Eine Steuerelektrode des Si-Chips 1a ist elektrisch mit einem Steueranschluß 5 verbunden, der über einen Draht 8, der durch einen Drahtbondiervorgang gebildet ist, mit einem Leiterrahmen verbunden ist.

Genauer gesagt, das Abstrahlungshauteil (Abstrahlungsbau teil der ersten Seite) 2, welches oberen Oberflächen (ersten Oberflächen) 6a der Si-Chips 1a und 1b gegenüberliegt, an welchen die Drahtbondierung durchgeführt wird, wird mit vorstehenden Abschnitten 2a gebildet, welche an Positionen stufenförmig vorstehen oder vorspringen, welche den Hauptelektronen der Si-Chips 1a und 1b gegenüberliegen. Die vorderen Enden der vorstehenden Abschnitte 2a sind im wesentlichen flach und die flachen Abschnitte sind jeweils mit den Hauptelektronen über die Bondierbauteile 4 verbunden. Im wesentlichen flach bedeutet hier flach bis zu einem Grad, daß keine Störung beim Bondieren zwischen den vorstehenden Abschnitten 2a und den Hauptelektronen erfolgt.

Nachfolgend werden die vorstehenden Abschnitte 2a näher erläutert. Gemäß Fig. 2B wird; wenn die Si-Chips 1a und 1b Leistungsbauenteile sind, jede Haltespannung an Umfangsabschnitten der Si-Chips 1a und 1b durch Schutzringe 7 gehalten, die an einer Oberfläche eines jeden Chips ausgebildet sind, d. h. auf der Oberfläche 6a oder einer Oberfläche (zweite Oberfläche) 6b gegenüber der Oberfläche 6a.

Wenn metallische Materialien als die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 an die beiden Oberflächen eines jeden Si-Chips 1a bzw. 1b angeheftet werden, wird das Abstrahlungsbau teil 2 an der Oberfläche (der ersten Oberfläche in dieser Ausführungsform) 6a angeheftet, wo die Schutzringe 7 vorhanden sind. Es sei hier noch festgehalten, daß voranstehend und nachfolgend "angeheftet" eine jeweils angepaßte Verbindung zwischen zwei oder mehr Bauteilen bedeutet, z. B. eine Bondierverbindung, Lötverbindung, Klebverbindung etc.

Gemäß Fig. 2B muß jedoch ein durch den Pfeil B an den Umfangsabschnitten der Si-Chips 1a und 1b dargestellter Abstand, d. h. an den Bereichen, von denen einer durch eine gestrichelte Linie in dieser Figur dargestellt ist, das Abstandsbau teil 2 der ersten Seite elektrisch von den Schutzringen 7 isoliert sein, sowie von den Kantenflächen der Si-Chips 1a sowie 1b. Von daher müssen hier isolierte Bereiche geschaffen werden.

Deshalb hat das Abstrahlungsbau teil 2 die vorstehenden Abschnitte 2a an den Positionen, die den Hauptelektronen der Si-Chips 1a und 1b gegenüberliegen. Mit anderen Worten, das Abstrahlungshauteil 2 hat vertiefte Abschnitte an den Positionen gegenüber den Schutzringen 7 der Chips 1a und 1b, um die Bereiche hoher Haltespannung (isolierten Bereiche) zu vermeiden. Das Abstrahlungsbau teil 3 (Abstrahlungsbau teil der zweiten Seite oder auf der zweiten Seite), welches an den anderen Oberflächen 6b der Chips 1a und 1b angeheftet ist, hat keinen vorstehenden Abschnitt und ist im wesentlichen flach. Mit anderen Worten, das Abstrahlungsbau teil 3 der zweiten Seite ist im wesentlichen so flach, daß es die Anbringbarkeit an den Chips 1a und 1b am Abstrahlungsbau teil 3 nicht behindert. In den jeweiligen Abstrahlungsbauenteilen 2 und 3 bilden die jeweiligen Oberflächen gegenüber den Oberflächen, die in Richtung der Si-Chips 1a und 1b weisen, Abstrahlungsoberflächen 10, welche ebenfalls im wesentlichen flach und annähernd parallel zueinander sind.

In der dargestellten Ausführungsform ist der drahtgebundene Si-Chip ein IGBT 1a (Insulated Gate Bipolar Transistor), wohingegen der andere Si-Chip eine FWD 1b (Free-Wheel Diode = Freilaufdiode) ist. Im IGBT 1a ist das Abstrahlungsbau teil 2 der ersten Seite (auf der ersten Seite) ein

Emitter, das Abstrahlungsbau teil 3 der zweiten Seite (auf der zweiten Seite) ein Kollektor und die Steuerelektrode ein Gate. Wie in Fig. 2A gezeigt, ist die Dicke der FWD 1b höher als die des IGBT 1a. Von daher ist in dem Abstrahlungsbau teil 2 der ersten Seite der vorstehende Abschnitt 2a gegenüber dem IGBT 1a mit einem Vorstchungsbetrag versehen, der relativ größer als derjenige des anderen vorstehenden Abschnittes 2a ist, der der FWD 1b gegenüberliegt.

Für die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite kann beispielsweise ein metallisches Material mit Cu oder Al als Hauptkomponente verwendet werden, welches eine elektrische Leitfähigkeit und eine thermische Leitfähigkeit größer als W oder Mo hat und billiger als diese Materialien ist. Fig. 3 zeigt eine Tabelle von Beispielen metallischer Materialien, welche als die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 verwendbar sind. Wie in Fig. 3 gezeigt, können die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 aus einem der Metalle "a" bis "1", unoxidiertem Kupfer etc., sein. Hier ist beispielsweise das Metall "a" eine Legierung, welche (in Massenverhältnissen) Fe (Eisen) mit 2,3%, Zn (Zink) mit 0,1%, P (Phosphor) mit 0,03% und Cu (Kupfer) als Rest enthält.

Die Bondierbauteile 4 haben bevorzugt eine Scherfestigkeit; welche der Scherfestigkeit überlegen ist, welche durch thermische Belastung erzeugt wird, und haben sowohl ausgezeichnete thermische Leitfähigkeit als auch elektrische Leitfähigkeit. Als solche leitfähige Bauteile 4 können beispielsweise ein Weichlot, ein Hartlot oder ein leitfähiger Kleber verwendet werden. Der Draht 8 für die Drahtbondierung kann aus Au (Gold), Al : Aluminium) oder dergleichen sein, wie er für Drahtbondierungen allgemein verwendet wird.

Weiterhin sind gemäß Fig. 2A diese Bauteile 1 bis 5 und 8 mit Kunststoff oder Kunsthars 9 eingegossen, wobei die Abstrahlungsoberflächen 10 der Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 an den gegenüberliegenden Seiten der Si-Chips 1a und 1b freigelassen werden und gleichzeitig der Steueranschluß 5 an der gegenüberliegenden Seite der Drahtbondierung freigelassen wird.

Die Abstrahlungsoberflächen 10 der jeweiligen Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 dienen als Elektroden und gleichzeitig zur Abstrahlung von Wärme. Das Kunsthars 9 hat bevorzugt einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten annähernd gleich dem der Abstrahlungsbauenteile 2 und 3. Beispielsweise kann als derartiges Kunsthars 9 ein Gießharz auf Epoxymbasis verwendet werden.

Weiterhin sind die mit Kunsthars eingegossenen Bauteile 1 bis 5 und 8 von einem Paar von Verdrahtungsbauenteilen 11 eingeschlossen, so daß die Abstrahlungsoberflächen 10 die Verdrahtungsbauenteile 11 kontaktieren. Jedes der äußeren Verdrahtungsbauenteile 11 ist eine flache Platte mit einem Schnitt mit Plattenform oder einer feinen Drahtform, welche zur Außenseite hin verbindbar ist. Die Verdrahtungsbauenteile 11 und die mit Kunsthars eingegossenen Bauteile 1 bis 5 und 8 sind weiterhin von einem Paar von äußeren Kühlbauteilen 13 eingeschlossen, wobei plattenförmige isolierende Substrate 12 mit hoher thermischer Leitfähigkeit zwischen geschaltet sind. Die mit Kunsthars versiegelten oder eingegossenen Bauteile 5 und 8, die äußeren Verdrahtungsbauenteile 11, die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13 sind durch Schraubbolzen 14 oder dergleichen miteinander verbunden, welche von den äußeren Kühlbauteilen 13 her eingeschraubt sind.

Die äußeren Verdrahtungsbauenteile 11 oder die nach außen führenden Verdrahtungsbauenteile 11 können aus jeglichem Material sein, vorausgesetzt, sie haben ausgezeichnete thermische Leitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit. Die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit kön-

nen beispielsweise aus AlN (Aluminiumnitrid), SiN (Siliziumnitrid), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Aluminiumdioxid), SiC (Siliziumcarbid), BN (Bornitrid), Diamant oder dergleichen sein. Die äußeren Kühlbauteile 13 sind so aufgebaut, daß sie eine Abstrahlungsrinne oder Kühlrippe haben oder wassergekühlt sind.

Bei dem obigen Aufbau ist, was den elektrischen Pfad betrifft, der Stromfluß in der Reihenfolge vom äußerem Verdrahtungsteil 11, welches das Abstrahlungsbauteil 2 der ersten Seite kontaktiert, Abstrahlungsbauteil 2 der ersten Seite, Si-Chips 1a und 1b, Abstrahlungsbauteil 3 der zweiten Seite, Verdrahtungsbauteil 11, welches das Abstrahlungsbauteil 3 der zweiten Seite kontaktiert oder umgekehrt. Was den thermischen Pfad betrifft, so wird in den Si-Chips 1a und 1b erzeugte Wärme zu den Abstrahlungsbauteilen 2 und 3 der ersten und zweiten Seite, den Verdrahtungsbauteilen 11, den isolierenden Substraten 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und den äußeren Kühlbauteilen 13 übertragen und dann abgestrahlt.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung der Halbleitervorrichtung der Fig. 2A und 2B erläutert. Zunächst werden die Hauptelektronen auf den zweiten Oberflächen 6b der Si-Chips 1a und 1b mit dem Abstrahlungsbauteil 3 der zweiten Seite über die Bondierungsbauenteile 4 verbunden. Sodann werden die Steuerelektrode des Si-Chips 1a und der Steueranschluß 5 miteinander über eine Drahtbondierung elektrisch verbunden. Danach werden die Hauptelektronen auf den ersten Oberflächen 6a der Si-Chips 1a und 1b mit den Vorderenden der vorstehenden Abschnitte 2a des Abstrahlungsbauteiles 2 der ersten Seite über Bondierungsbauenteile 4 verbunden. Hierbei werden die vorstehenden Abschnitte 2a des Abstrahlungsbauteiles 2 der ersten Seite vorab durch einen Preßvorgang oder dergleichen gebildet.

Nachfolgend wird ein Gesenk (nicht gezeigt) vorbereitet, und die Si-Chips 1a und 1b und die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite werden in dem Gesenk oder der Form angeordnet und mit Kunststoff oder Kunstharz eingegossen. Somit kann eine elektrische Isolation zwischen den Abstrahlungsbauenteilen 2 und 3 erhalten werden. Nachfolgend werden, wie oben beschrieben, was die Abstrahlungsoberflächen 10 betrifft, die äußeren Verdrahtungsbauenteile 11, die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13 in dieser Reihenfolge angeordnet. Sodann werden die äußeren Kühlbauteile 13 mit Schraubbolzen befestigt, so daß die Bauteile 11 bis 13 festgelegt sind. Im Anschluß daran ist die Halbleitervorrichtung der beschriebenen Ausführungsform vollständig.

Da bei der beschriebenen Ausführungsform die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite aus einem metallischen Material gefertigt sind, welches Cu oder Al als Hauptkomponente enthält, welches sehr gute thermische und elektrische Leitfähigkeit hat, läßt sich die Halbleitervorrichtung mit verbesserter Abstrahlungsleistung und verbesserter elektrischer Leitfähigkeit erzeugen. Da weiterhin diese Teile bei geringeren Kosten im Vergleich zu dem herkömmlichen Fall hergestellt werden können, bei dem W oder Mo verwendet wird, läßt sich die erfundungsgemäße Halbleitervorrichtung mit niedrigeren Kosten fertigen. Weiterhin ist das metallische Material, welches als Hauptkomponente Cu oder Al enthält, im Vergleich zu W oder Mo weich, so daß die Bearbeitbarkeit zur Ausbildung der vorstehenden Abschnitte 2a an dem Abstrahlungsbauteil 2 der ersten Seite gut ist.

Da die vorstehenden Abschnitte 2a an dem Abstrahlungsbauteil 2 der ersten Seite angeordnet sind und mit den jeweiligen unterschiedlichen Si-Chips 1a und 1b verbunden sind, kann die Verbindung zwischen den jeweiligen Si-Chips 1a

und 1b und dem Abstrahlungsbauteil 2 problemlos durchgeführt werden. Insbesondere lassen sich die Beträge des Vorstehens und die Formen der vorstehenden Abschnitte 2 abhängig von der Dicke der Si-Chips 1a und 1b und den Formen der Hauptelektronen der Si-Chips 1a und 1b ändern. Aufgrund hiervon lassen sich unterschiedliche Halbleiterchips 1a und 1b problemlos in der Halbleitervorrichtung aufnehmen.

Die Abstrahlungsoberflächen 10 der Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 können Formunregelmäßigkeiten aufweisen oder parallel zueinander sein. In der beschriebenen Ausführungsform sind die Abstrahlungsoberflächen 10 flach und annähernd parallel zueinander gemacht. Dies ist möglich, da die Oberflächenstufe, d. h. der Dickenunterschied zwischen den Si-Chips 1a und 1b, durch die vorstehenden Abschnitte 2a aufgenommen werden kann, indem deren Höhen oder Vorstehbeträge abhängig von den jeweiligen Dicken der Si-Chips 1a und 1b eingestellt werden.

Im Ergebnis können bei der Ausführungsform gemäß obiger Beschreibung, da die Abstrahlungsoberflächen 10 im wesentlichen flach und annähernd parallel zueinander sind, beim Befestigen der Bolzen an den Abstrahlungsoberflächen 10, wobei die Verdrahtungsbauenteile 11, die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13 dazwischengeschaltet sind, die Oberflächen 10 und diese Bauteile 11 bis 13 sicher und leicht an den jeweiligen Übergangsfächern in Kontakt mit einander gebracht werden.

Da weiterhin die Abstrahlungsoberflächen 10 annähernd parallel zueinander sind, wird eine beim Anziehen der Bolzen erzeugte Kraft gleichmäßig auf die Bauteile 1 bis 5, 8, 9 und 11 bis 13 übertragen. Somit werden diese Bauteile 1 bis 5, 8, 9 und 11 bis 13 durch Kraftkonzentrationen nicht beschädigt oder zerstört und der Zusammenbauvorgang läßt sich verbessern.

Allgemein gesagt, obgleich der IGBT 1a und die FWD 1b als Paar verwendet werden, wird, wenn sich der Abstand zwischen dem IGBT 1a und FWD 1b verringert, der Betrieb eines Schaltkreises idealer. Da bei der vorliegenden Ausführungsform der IGBT 1a und die FWD 1b einander benachbart in der einstückig kunstharzgekapselten oder -vergossenen Halbleitervorrichtung angeordnet sind, kann der Betrieb des IGBT 1a in dieser Halbleitervorrichtung den Idealzustand erreichen.

Wenn es Aufgabe der Erfindung ist, eine Halbleitervorrichtung zu schaffen, die in der Lage ist, unterschiedliche Halbleiterchips 1a und 1b problemlos aufzunehmen, sind die Materialien zur Ausbildung der Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite nicht auf die Materialien beschränkt, welche Cu oder Al als Hauptkomponente enthalten, sondern es können auch andere elektrische Materialien mit elektrischer Leitfähigkeit verwendet werden. Wenn beispielsweise das Verhindern von Bruch der Bondierungsbauenteile 4 aufgrund thermischer Belastung größere Wichtigkeit hat, sollten die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite aus einem metallischen Material sein, welches einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der annähernd demjenigen der Si-Chips 1a und 1b ist. Wenn andererseits eine Abstrahlungseigenschaft und die elektrische Leitfähigkeit von größerer Wichtigkeit sind, sollten die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 aus einem metallischen Material sein, welches Cu oder Al als Hauptkomponente enthält.

Der Kunststoff oder das Kunstharz 9, welches in der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird, isoliert nicht nur die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 voneinander, sondern verstärkt auch die Anheftung oder Verbindung zwischen den Abstrahlungsbauenteilen 2 und 3 und den Chips 1a und 1b, indem die Abstrahlungsbauenteile 2 und 3 mit den Chips 1a und

1b verbunden werden. Selbst wenn somit die Abstrahlungsbauteile 2 und 3 aus einem metallischen Material mit Cu oder Al als Hauptkomponente gefertigt sind, was einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten ergibt, der unterschiedlich zu demjenigen der Si-Chips 1a und 1b ist, kann ein Bruch der Bondierungsbauten 4 aufgrund von thermischen Belastungen durch das Kunstharz 9 verhindert werden.

Insbesondere wenn das Kunstharz 9 einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der annähernd gleich demjenigen der Abstrahlungsbauten 2 und 3 ist, wirken Belastungen auf die Si-Chips 1a und 1b und führen zu einer Ausdehnung und Zusammenziehung ähnlich derjenigen der Abstrahlungsbauten 2 und 3, wenn sich die Temperatur ändert. Von daher werden auf die Bondierungsbauten 4 aufgebrachte Belastungen gemindert und die Erzeugung von Spannungen wird eingeschränkt, was zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit an den Verbindungsabschnitten führt.

Obgleich in der Ausführungsform das Abstrahlungsbau- teil 3 der zweiten Seite keinen vorstehenden Abschnitt aufweist, kann ein derartiger vorstehender Abschnitt vorgesehen werden. Thermisch leitfähiges Fett, eine Paste oder der gleichen kann auf die Kontaktflächen zwischen den äußeren Verdrahtungsbauten 11 und den isolierenden Substraten 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und zwischen den isolierenden Substraten 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und den äußeren Kühlbauteilen 13 aufgebracht werden, um die thermische Anbindung weiter zu verbessern.

Der Kontakt zwischen jedem äußeren Verdrahtungsbau- teil 11 und dem isolierenden Substrat 12 hoher thermischer Leitfähigkeit wird vorteilhafterweise aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen den Bauteilen 11 und 12 mechanisch festgelegt. Jede Abstrahlungsüberfläche 10 und jedes äußere Verdrahtungsbau- teil 11 können jedoch auch durch ein Weichlot, ein Hartlot oder dergleichen miteinander verbunden werden, da diese Bauteile aus Materialien gefertigt werden können, welche thermische Ausdehnungskoeffizienten haben, welche sich nicht wesentlich voneinander unterscheiden.

Der Körper des Abstrahlungsbau- teiles 2 der ersten Seite kann von den vorstehenden Abschnitten 2a getrennt sein. Beispielsweise können die vorstehenden Abschnitte 1a an einem plattenförmigen Körper des Bauteiles 2 durch Weichlöten, Hartlöten etc. angeheftet werden. Das Material zur Bildung des Abstrahlungsbau- teiles 2 der ersten Seite ist nicht immer notwendigerweise identisch zu demjenigen, aus welchem das Abstrahlungsbau- teil 3 der zweiten Seite gebildet wird. Obgleich in der vorliegenden Ausführungsform das Eingießen mit dem Kunstharz in einer Form oder einem Gesenk erfolgt, kann dieser Versiegelungsvorgang auch durch Eintauchen ohne irgendeine Form erfolgen.

Obgleich beschrieben wurde, daß das Kunstharz 9 zum Eingießen oder Versiegeln einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der annähernd gleich demjenigen der Abstrahlungsbauten 2 und 3 der ersten und zweiten Seite ist, ist das Harz 9 nicht hierauf beschränkt, sondern es kann jedes andere geeignete Harz sein, wenn keine Notwendigkeit besteht, die Anhaftfestigkeit zwischen den Si-Chips 1a und 1b und den Abstrahlungsbauten 2 und 3 zu berücksichtigen.

Obgleich in der vorliegenden Ausführungsform beschrieben wurde, daß der IGBT 1a und die FWD 1b als Si-Chips verwendet werden, ist in manchen Fällen, beispielsweise wenn nur ein Si-Chip verwendet wird oder die gleiche Art von Si-Chip verwendet wird, die Verbindungsstruktur zwischen dem Si-Chip bzw. den Si-Chips und den Abstrahlungsbauten 2 und 3 nicht kompliziert. In diesen Fällen müssen die vorstehenden Abschnitte 2a nicht an einem der Abstrahlungsbauten 2 bzw. 3 ausgebildet werden. Wie

oben beschrieben, kann eine Halbleitervorrichtung mit verbesserten Abstrahlungseigenschaften und elektrischer Leitfähigkeit durch Ausbilden der Abstrahlungsbauten 2 und 3 aus einem metallischen Material geschaffen werden, welches als Hauptkomponente Cu oder Al enthält, mit einer elektrischen Leitfähigkeit und einer thermischen Leitfähigkeit höher oder besser als derjenigen von W oder Mo.

### Zweite Ausführungsform

10 Eine zweite bevorzugte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform in der inneren Formgebung des Abstrahlungsbau- teiles 2 der ersten Seite. Fig. 4A zeigt eine Halbleitervorrichtung der zweiten Ausführungsform, und die Fig. 4B bis 4D sind Schnittdarstellungen, in welchen Teilansichten verschiedener Abstrahlungsbauten 2 der ersten Seite und Si-Chips 1a und 1b gezeigt sind, welche den jeweiligen Abstrahlungsbau- teilen 2 gegenüberliegen. Die Fig. 5A bis 5C sind Schnittdarstellungen entlang den Linien VA-VA, VB-VB, VC-VC in den Fig. 4B bis 4D.

15 In Fig. 4A ist das Abstrahlungsbau- teil 2 der ersten Seite teilweise weggelassenen und die Querschnittsformen der Fig. 4B bis 4D sind auf den weggelassenen Teil anwendbar. Fig. 4A zeigt auch nicht die äußeren Verdrahtungsbauten 11, die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13. Nachfolgend werden unterschiedliche Abschnitte zu Fig. 2 erläutert. In den Fig. 4A bis 4D und 5A bis 5C sind gleiche Teile wie in Fig. 2A mit gleichen Bezugszeichen versehen und die entsprechende Beschreibung ist vereinfacht.

20 Wie in den Fig. 4A bis 4D und 5A bis 5C gezeigt, weist das Abstrahlungsbau- teil 2 der ersten Seite einen Raum 15 in einem Abschnitt auf, der mit den Si-Chips 1a und 1b verbunden ist. Der Raum 15 kann, wie in dem Beispiel von Fig. 5A, eine Gitterform haben oder aus mehreren konzentrischen Kreisen bestehen, wie im Beispiel von Fig. 5B, oder aus mehreren konzentrischen Rechtecken bestehen, wie im Beispiel von Fig. 5C gezeigt. Die Form des Raumes 15 in einer Richtung senkrecht zur Verbindungsüberfläche zwischen dem Abstrahlungsbau- teil 2 und den Si-Chips 1a und 1b ist wie in den Fig. 4B, 4C oder 4D gezeigt. Mit anderen Worten, es gibt Fälle, wo der Raum 15 an den Verbindungsabschnitten mit den Si-Chips 1a und 1b offen ist oder in der Abstrahlungsüberfläche 10 offen ist oder sowohl an den Verbindungsabschnitten mit den Si-Chips 1a und 1b und der Abstrahlungsüberfläche 10 geschlossen ist.

25 Der Raum 15 kann beispielsweise durch einen Schneidvorgang gebildet werden. Wenn der Raum 15 sowohl an den Verbindungsabschnitten mit den Si-Chips 1a und 1b und der Abstrahlungsüberfläche 10 geschlossen ist, wie in Fig. 4D gezeigt, kann er durch Ausbilden des Abstrahlungsbau- teiles mit dem Raum offen an den Verbindungsabschnitten mit den Si-Chips 1a und 1b dadurch gebildet werden, daß zunächst ein Schnitt gemäß Fig. 4B erfolgt und dann eine Metallplatte angeheftet wird, um die offenen Abschnitte zu verschließen.

30 Bei der Ausführungsform lassen sich die gleichen Effekte wie in der ersten Ausführungsform erzielen. Zusätzlich ist der Raum 15 in dem Abstrahlungsbau- teil 2 der ersten Seite ausgebildet, was die Steifigkeit des Abstrahlungsbau- teiles 2 verringert. Im Ergebnis lassen sich auf die Si-Chips 1a und 1b und die Bondierungsbauten 4 aufgebrachte Belastungen verringern, so daß ein Bruch der Si-Chips 1a und 1b verhindert werden kann und die Zuverlässigkeit der Verbindung zwischen den Si-Chips 1a und 1b und dem Abstrahlungsbau- teil 2 verbessert ist.

35 Die weiteren in der zweiten Ausführungsform nicht be-

schriebenen Einzelheiten und Merkmale sind im wesentlichen gleich zu denjenigen der ersten Ausführungsform. Der Raum 15 ist für Fälle dargestellt, in denen er sich in Dickenrichtung der Si-Chips 1a und 1b erstreckt; dieser Raum kann sich jedoch auch in die Oberflächenrichtung der Si-Chips 1a und 1b erstrecken. Weiterhin kann der Raum in dem Abstrahlungsbauteil 3 der zweiten Seite ausgebildet werden. Der Raum 15 muß nicht gleichförmig in den Abschnitten ausgebildet werden, welche die Si-Chips 1a und 1b kontaktieren, und kann geeignet an den benötigten Positionen ausgebildet werden.

Weiterhin ist die Formgebung des Raums 15 nicht auf die gezeigten Beispiele beschränkt, immer vorausgesetzt, daß sich die Steifigkeit des Abstrahlungsbauletes verringern läßt. Wenn die Abstrahlungsbaulete 2 und 3 aus einem metallischen Material mit Cu oder Al gefertigt sind, ist es leicht, den Raum 15 auszubilden, da die Abstrahlungsbaulete 2 und 3 leicht bearbeitbar sind.

### Dritte Ausführungsform

Fig. 6 zeigt eine Halbleitervorrichtung einer dritten bevorzugten Ausführungsform, wobei die äußeren Verdrahtungssteile 11, die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13 von Fig. 2A weggelassen sind. Unterschiedliche Abschnitte zu denjenigen in der ersten Ausführungsform werden hauptsächlich nachfolgend erläutert, und in Fig. 6 bezeichnen gleiche Bezugssymbole gleiche oder einander entsprechende Teile wie in Fig. 2A.

Gemäß Fig. 6 sind in der dritten Ausführungsform metallische Bauteile (teilweise freiliegende metallische Bauteile) 16 aus Mo, W, Cu-Mo oder dergleichen mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten annähernd gleich dem der Si-Chips an den Abschnitten der Abstrahlungsbaulete 2 und 3 der ersten und zweiten Seite angeordnet, welche in Richtung der Si-Chips 1a und 1b weisen. Die teilweise freiliegenden metallischen Bauteile 16 können vorab an den Abstrahlungsbaulete 2 und 3 durch Löten, Hartlöten, einen Schrumpfsitz oder einen Preßsitz angeordnet oder ausgebildet werden. Zur Ausrichtung der teilweise freiliegenden metallischen Bauteile 16 gegenüber den Si-Chips 1a und 1b mit hoher Genauigkeit sollten die Si-Chips 1a und 1b und die teilweise freiliegenden metallischen Bauteile 16 vor dem Bondieren oder Anheften zwischen den metallischen Baueteilen 16 und den Abstrahlungsbauleteilen 2 und 3 durch Löten, Hartlöten oder dergleichen festgelegt werden.

Bei dieser Ausführungsform lassen sich die gleichen Effekte und Wirkungsweisen wie in der ersten Ausführungsform erhalten. Da zusätzlich der thermische Ausdehnungskoeffizient an den Verbindungsabschnitten zwischen den Si-Chips 1a und 1b und den Abstrahlungsbauleteilen 2 und 3 der ersten und zweiten Seite einander angenähert sind, lassen sich thermische Belastungen aufgrund von Temperaturänderungen an den Verbindungsabschnitten verringern und die Verbindungsfestigkeit kann verbessert werden. Weiterhin nähert die Hinzufügung der metallischen Bauteile 16, welche den thermischen Ausdehnungskoeffizienten annähernd gleich demjenigen der Si-Chips 1a und 1b haben, die Belastung der Abstrahlungsbauleteile 2 und 3 insgesamt an Si an, so daß auf die Si-Chips 1a und 1b einwirkende Belastungen verringert werden können.

Somit kann die Halbleitervorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit bezüglich der Verbindungsfestigkeiten zwischen den Si-Chips 1a und 1b und den Abstrahlungsbauleteilen 2 und 3 und ohne Bruch der Si-Chips 1a und 1b geschaffen werden, wobei weiterhin die gleichen Effekte wie in der ersten Ausführungsform sichergestellt sind. Die weiteren Merkmale

und Wirkungsweisen, welche in der vorliegenden Ausführungsform nicht beschrieben sind, sind im wesentlichen gleich zu denjenigen der ersten Ausführungsform. Die teilweise freiliegenden metallischen Bauteile 16 müssen nicht an den gesamten Bereich eines jeden Abstrahlungsbauletes 2 oder 3 vorhanden sein, der mit den Si-Chips 1a und 1b verbunden ist. Die teilweise freiliegenden metallischen Bauteile 16 sollen jedoch an den notwendigen Positionen geeignet angeordnet werden. Auch kann bei dieser Ausführungsform der Raum 15 wenigstens entweder in dem Abstrahlungsbauteil 2 oder dem Abstrahlungsbauteil 3 ausgebildet werden, wie in der zweiten Ausführungsform.

### Vierte Ausführungsform

Fig. 7 zeigt eine Halbleitervorrichtung einer vierten Ausführungsform. Diese Ausführungsform bezieht sich auf eine Abwandlung der äußeren Verdrahtungssteile 11 der ersten Ausführungsform. Nachfolgend werden unterschiedliche Abschnitte zu denjenigen der ersten Ausführungsform beschrieben und in Fig. 7 sind gleiche Teile wie in Fig. 2A mit gleichen Bezugssymbole versehen. In Fig. 7 sind die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13 weggelassen.

Wie in Fig. 7 gezeigt, sind leitfähige Anschlüsse 17, welche mit den Haupteletroden der Si-Chips 1a und 1b verbunden sind, an den Kanten der Abstrahlungsbauleteile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite als Haupteletrodenanschlüsse herausgeführt, um elektrisch mit der Außenseite verbunden zu werden. Die leitfähigen Bauteile 17 haben die gleiche Funktion wie die äußeren Verdrahtungssteile 11 von Fig. 2A.

Die leitfähigen Bauteile 17 stehen von den entsprechenden Abstrahlungsbauleteilen 2 und 3 von annähernd der gleichen Position bezüglich den entsprechenden Bauteilen 2 und 3 und in eine annähernd identische Richtung vor, welche senkrecht zu den Abstrahlungsoberflächen 10 ist. Das bedeutet, daß die leitfähigen Bauteile 17 annähernd parallel zueinander sind, und somit kann eine parasitäre Induktivität verhindert werden, wie noch beschrieben wird. Die Wurzel- oder Basisteile der leitfähigen Bauteile 17 sind einander benachbart. Die Halbleitervorrichtung von Fig. 7 benötigt die äußeren Verdrahtungssteile 11 von Fig. 2A nicht und die Abstrahlungsoberflächen 10 kontaktieren die äußeren Kühlbauteile 13 mit den isolierenden Substraten 12 hoher thermischer Leitfähigkeit dazwischen, obgleich diese Teile nicht gezeigt sind.

Es ist bevorzugt, daß die jeweiligen Abstrahlungsbauleteile 2 und 3 und die jeweiligen leitfähigen Bauteile 17 im Hinblick auf den elektrischen Widerstand einstückig zueinander sind. Wenn die leitfähigen Bauteile 17 jedoch separat ausgebildet und mit den Abstrahlungsbauleteilen 2 und 3 verbunden werden, sind für die Verbindung Schraubverbindungen, Weichlöten, Hartlöten etc. verwendbar. Die leitfähigen Bauteile 17 können aus verschiedenen Materialien gefertigt werden, solange sie eine sehr gute elektrische Leitfähigkeit haben.

Bei dieser Ausführungsform lassen sich die gleichen Effekte wie in der ersten Ausführungsform erzielen. Da zusätzlich die elektrische Verbindung zur Außenseite über die leitfähigen Bauteile 17 gemacht werden kann, ist es nicht notwendig, die äußeren Verdrahtungssteile 11 mit den Strahlungsoberflächen 10 der Abstrahlungsbauleteile 2 und 3 zu verbinden. Im Ergebnis wird im Vergleich zu dem Fall, wo die äußeren Verdrahtungssteile 11 verwendet werden, die Anzahl von Verbindungschnittstellen in der Wärmeübertragungsrichtung verringert, so daß der Wärmewiderstand ebenfalls verringert wird. Somit kann die Abstrah-

lungseigenschaft weiter verbessert werden. Zusätzlich lässt sich die Dicke der Halbleitervorrichtung in Dickenrichtung der Si-Chips 1a und 1b verringern, was zu einer Verringerung der Gesamtdicke der Halbleitervorrichtung führt.

Als eine weitere bevorzugte Ausgestaltungsform sind die leitfähigen Bauteile 17 so vorgesehen, daß sie annähernd parallel zueinander in benachbarten Positionen stehen, und in der Halbleitervorrichtung fließen die Ströme in den jeweiligen leitfähigen Bauteilen 17 mit der gleichen Intensität in einander entgegengesetzte Richtungen. Wenn Ströme in den zueinander parallelen leitfähigen Bauteilen in einander entgegengesetzten Richtungen fließen, heben sich um die leitfähigen Bauteile herum erzeugte Magnetfelder gegenseitig auf. Im Ergebnis lässt sich eine parasitäre Induktivität wesentlich verringern.

In der vorliegenden Ausführungsform sind wie in der ersten Ausführungsform die Abstrahlungsbauten aus einem metallischen Material gefertigt, welches als Hauptkomponente Cu oder Al enthält, wenn es Ziel ist, die Abstrahlungseigenschaft und die elektrische Leitfähigkeit zu verbessern. Da in diesem Fall die Bearbeitbarkeit von Cu und Al gut ist, lassen sich die leitfähigen Bauteile 17 problemlos durch Pressen, Schneiden oder dergleichen formen.

Die weitere Eigenschaften und Merkmale der Ausführungsformen, welche nicht beschrieben worden sind, sind im wesentlichen gleich zu denjenigen der ersten Ausführungsform. Obgleich in der beschriebenen Ausführungsform die leitfähigen Bauteile 17 einander benachbart und annähernd parallel zueinander vorgesehen sind, ist die Ausführungsform hierauf nicht beschränkt, sondern die leitfähigen Bauteile 17 können von den jeweiligen Abstrahlungsbauten in unterschiedlichen Richtungen zueinander vorstehen. Wenn die Abstrahlungsbauten 2 und 3 ein Material mit hoher Härte, beispielsweise W oder Mo, verwenden, um die unterschiedlichen Halbleiterchips leicht mit Kunstharz eingießen zu können, sind die leitfähigen Bauteile 17 bevorzugt als separate Bauteile ausgebildet, da es schwierig sein würde, sie dann einstückig an den Abstrahlungsbauten 2 und 3 auszuformen.

#### Fünfte Ausführungsform

Die Fig. 8A und 8B zeigen eine Halbleitervorrichtung einer fünften bevorzugten Ausführungsform, wobei die äußeren Verdrahtungsbauten 11, die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13 von Fig. 2A weggelassen sind. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform in dem Verbindungsverfahren zwischen den Si-Chips 1a und 1b und dem Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite. Unterschiedliche Teile zur ersten Ausführungsform werden nachfolgend erläutert und in den Fig. 8A und 8B sind gleiche Teile wie in Fig. 2A mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Gemäß den Fig. 8A und 8B sind kissen- oder tröpfchenförmige Bondierungsteile 4 gleichförmig zwischen den Hauptelektroden auf den Hauptoberflächen 6a der Si-Chips 1a und 1b und dem Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite angeordnet, und die zwischen den Bondierungsteilen 4 geschaffenen Freiräume sind mit einem Kunststoff oder Kunstharz 18 gefüllt. Das Harz 18 hat Materialeigenschaften ähnlich denjenigen von Metall, beispielsweise gute Benetzbartigkeit, und verhindert Belastungskonzentrationen an den kissenförmigen Bondierungsbauten 4. Das Harz wird nachfolgend als RAB-Harz 18 bezeichnet (RAB = Resist Assist Bonding). Das RAB-Harz 18 besteht genauer gesagt aus Harz auf Epoxybasis, welches mit Siliziumoxid- oder Silica-Füllstoffen gemischt ist.

Zur Ausbildung des obigen Aufbaus wird wie in der

Halbleitervorrichtung der ersten Ausführungsform nach Verbindung der Si-Chips 1a und 1b mit dem Abstrahlungsbau 3 der zweiten Seite und der Drahtbondierung die Anzahl von Bondierungsbauten 4 in Kissen-, Tröpfchen- oder Höckerform auf den Hauptelektroden der Si-Chips 1a und 1b auf der Seite der ersten Oberflächen 6a ausgebildet und mit dem Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite verbunden.

Nachfolgend wird das RAB-Harz 18 in eine Einspritzvorrichtung eingebracht und in die Räume um die Bondierungsbauten 4 herum eingespritzt. Selbst wenn zu diesem Zeitpunkt das Harz nicht direkt in all die Räume eingespritzt werden kann, füllen sich die Räume allmählich mit dem Harz aufgrund des Kapillarphänomens. Danach werden gemäß obiger Beschreibung die integrierten Si-Chips 1a und 1b und die Abstrahlungsbauten 2 und 3 in eine Form eingebracht und einstückig mit dem Harz 9 vergossen.

Bei dieser Ausführungsform können die gleichen Effekte wie in der ersten Ausführungsform erhalten werden. Weiterhin kann das RAB-Harz 18 eine plastische Verformung der Bondierungsbauten 4 begrenzen. Weiterhin kann das RAB-Harz 18 Risse verhindern, welche in den Bondierungsbauten 4 aufgrund thermischer Belastungen erzeugt werden bzw. eine Rißfortpflanzung oder -ausbreitung verhindern. Mit anderen Worten, das RAB-Harz 18 verstetigt die Verbindung zwischen den Si-Chips 1a und 1b und dem Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite und erhöht die Verbindungszuverlässigkeit.

In dieser Ausführungsform nicht beschriebene Merkmale und Einzelheiten sind im wesentlichen gleich denjenigen der ersten Ausführungsform. Auch bei der vorliegenden Ausführungsform sind die kleinen Kissen oder Höcker gleichförmig angeordnet; eine kleinere Anzahl von Kissen mit größeren Abmessungen als in der gezeigten Ausführungsform kann jedoch angeordnet werden. Obgleich die kissenförmigen Bondierungsteile 4 zur Verbindung der Si-Chips 1a und 1b mit dem Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite in dieser Ausführungsform vorgesehen sind, können sie auch zur Verbindung der Si-Chips 1a und 1b mit dem Abstrahlungsbau 3 der zweiten Seite verwendet werden. Wenn das Harz 9 in die Räume um die Kissen oder Höcker herum eingespritzt werden kann, um diese Räume vollständig zu füllen, ist es nicht notwendig, vorab das RAB-Harz 18 einzuspritzen. In diesem Fall wirkt das Gießharz 9, welches die Räume um die Kissen herum füllt, als RAB-Harz 18. Die zweiten bis vierten Ausführungsformen können bei dieser soeben beschriebenen Ausführungsform ebenfalls entsprechend angewendet werden.

Nachfolgend werden sechste bis neunte Ausführungsformen als erste bis vierte Abwandlungen oder Modifikationen der oben beschriebenen Ausführungsformen erläutert, welche bei den bisher beschriebenen Ausführungsformen anwendbar sind und welche zumindest teilweise miteinander kombinierbar sind und bei den obigen Ausführungsformen anwendbar sind.

#### Sechste Ausführungsform

Zuerst wird die sechste Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Fig. 9A bis 9C beschrieben. In den obigen Ausführungsformen ist das Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite mit den vorstehenden Abschnitten 2a versehen; wie jedoch durch den Pfeil F in Fig. 2B dargestellt, ist, da das Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite an den vorstehenden Abschnitten 2a verdickt ist, die Steifigkeit erhöht. Je größer die Steifigkeit des Abstrahlungsbau 2 der ersten Seite ist, umso höhere Druckkräfte werden auf die Si-Chips 1a und 1b ausgeübt.

Um die Steifigkeit zu verringern, kann eine Vorgehensweise gemäß Fig. 9C angewendet werden, bei der das Abstrahlungsbau teil 2 der ersten Seite durch Ausformen einer ausreichend dünnen metallischen Platte gebildet wird, um einen vorstehenden Abschnitt zu haben, um einen isolierenden Bereich zu vermeiden, und diese Platte wird an die Si-Chips 1a und 1b mit einer verringerten Steifigkeit angeheftet. Da jedoch bei diesem Verfahren die Abstrahlungsoberfläche 10 des Abstrahlungsbau teiles 2 der ersten Seite nicht flach ist, ist es schwierig, daß äußere Verdrahtungsbau teil 11 und das äußere Kühlbauteil 13 zu kontaktieren.

In diesem Zusammenhang wird in dieser Ausführungsform gemäß den Fig. 9A und 9B ein isolierender Film 20 auf dem Abstrahlungsbau teil 2 der ersten Seite ausgebildet, mit einem Öffnungsmuster 19, welches sich in Bereichen entsprechend den inneren Seiten der Si-Chips 1a und 1b mit Ausnahme der Umfangsabschnitte der Chips öffnet, wo die Schutzringe 7 vorhanden sind. Mit anderen Worten, der isolierende Film 20 wird an Bereichen entsprechend den isolierten Bereichen in Fig. 2B ausgebildet und öffnet sich an Bereichen entsprechend den Hauptelektronen der Si-Chips 1a und 1b auf der Seite der ersten Oberflächen 6a.

Der isolierende Film 20 ist bevorzugt geschlossen ohne Löcher und sollte eine thermische Zusammenziehung des Abstrahlungsbau teiles überstehen. Ein Film aus Polyimid oder Glas ist für den isolierenden Film 20 verwendbar. Wenn die Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform hergestellt wird, werden, nachdem der isolierende Film 20 auf dem Abstrahlungsbau teil 2 ausgebildet worden ist, die Si-Chips 1a und 1b an das Abstrahlungsbau teil 2 auf der Seite der ersten Oberflächen 6a angeheftet. Die anderen Schritte sind im wesentlichen die gleichen wie bei der Halbleitervorrichtung der ersten Ausführungsform.

Bei dem oben beschriebenen Verfahren können die Schutzringe 7 elektrisch von dem Abstrahlungsbau teil 2 der ersten Seite durch den isolierenden Film 20 isoliert werden. Das Abstrahlungsbau teil 2 kann in Plattenform ohne vor springendem Abschnitt 2a gebildet werden, um die Schutzringe 7 der Si-Chips 1a und 1b zu vermeiden. In diesem Fall kann die Steifigkeit des Abstrahlungsbau teiles 2 durch die verringerte Dicke des Abstrahlungsbau teiles 2 verringert werden, solange es die Abstrahlungseigenschaften erlauben. Im Ergebnis lassen sich Druckkräfte auf den Si-Chips 1a und 1b verringern.

Wenn die Abstrahlungsbau teile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite keine vorstehenden Abschnitte haben, erfolgt eine geeignete Anpassung an Fälle mit nur einem Si-Chip oder mehreren Si-Chips, welche zueinander identische Dicken haben. Auch wenn mehrere Si-Chips, die sich in ihrer Dicke voneinander unterscheiden, vorhanden sind, gibt es kein Problem, wenn der Dickenunterschied durch die Höhenbeträge der Bondierungsbau teile 4 aufgenommen oder ausgeglichen werden kann.

Die weiteren Merkmale, welche im Rahmen dieser Ausführungsform nicht beschrieben worden sind, sind im wesentlichen gleich zur ersten Ausführungsform. Bei der beschriebenen Ausführungsform ist der isolierende Film 20 auf dem Abstrahlungsbau teil 2 der ersten Seite ausgebildet; er kann jedoch auch auf dem Abstrahlungsbau teil 3 der zweiten Seite ausgebildet werden. Wenn es einen Bereich gibt, der mit dem Harz 9 zum Versiegeln nicht gefüllt wird, kann eine Isolation durch das Harz 9 nicht ausreichend erhalten werden. Die Isolation kann jedoch durch den isolierenden Film 20 sicher bereitgestellt werden, wenn dieser vorab im betreffenden Bereich ausgebildet wird. Diese Verhinderung durch den isolierenden Film 20 ist auch bei dem Fall anwendbar, wo das Abstrahlungsbau teil 2 die vorstehenden Abschnitte 2a hat.

## Siebte Ausführungsform

Bezugnehmend auf Fig. 10 wird nachfolgend eine siebte Ausführungsform als zweites modifiziertes Beispiel beschrieben. In dieser Ausführungsform unterscheidet sich das elektrische Verbindungsverfahren zwischen dem Steueranschluß 5 und der Steuerelektrode des Si-Chips 1a, und Fig. 10 zeigt ein Beispiel, bei dem die vorliegende Ausführungsform bei der vierten Ausführungsform gemäß Fig. 7 angewendet wird. Nachfolgend werden sich von Fig. 7 unterschiedende Abschnitte beschrieben und in Fig. 10 sind gleiche Teile wie in Fig. 7 mit gleichen Bezugssymbolen versehen.

Wie in Fig. 10 gezeigt, wird die elektrische Verbindung zwischen der Steuerelektrode und dem Steueranschluß 5 durch einen Höcker oder ein Kissen 21 geschaffen, welches beispielsweise aus einem Weichlot, Hartlot, einem leitfähigen Kleber oder dergleichen ist. Bei diesem modifizierten Ausführungsbeispiel muß der Drahtbondierungsschritt nicht durchgeführt werden und der Steueranschluß 5 kann gleichzeitig mit der Verbindung zwischen den Si-Chips 1a und 1b und den Abstrahlungsbau teilen 2 und 3 verbunden werden. Somit läßt sich der Herstellungsvorgang vereinfachen. Auch erfolgt keine Drahtverschiebung der Drahtbondierung während des Eingießens mit Harz.

## Achte Ausführungsform

Bezugnehmend auf Fig. 11 wird nachfolgend die achte Ausführungsform als ein drittes modifiziertes Ausführungsbeispiel beschrieben. In dieser Ausführungsform sind die Anordnungen der Abstrahlungsoberflächen 10 unterschiedlich. Fig. 11 ist ein Beispiel, bei welchem die vorliegende Erfindung bei einer Halbleitervorrichtung angewendet ist, die geschaffen wird durch Kombinieren der ersten Ausführungsform und der siebten Ausführungsform, welche das zweite modifizierte Beispiel ist. Nachfolgend werden sich von den Fig. 2A und 10 unterschiedende Abschnitte näher beschrieben und in Fig. 11 haben gleiche Teile wie in den entsprechenden Figuren gleiche Bezugssymbole.

Wie in Fig. 11 gezeigt, hat jedes der Abstrahlungsbau teile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite einen keilförmigen Querschnitt und die vorstehenden Abschnitte 2a sind an dem Abstrahlungsbau teil 2 der ersten Seite ausgebildet. Eine Seitenfläche des Abstrahlungsbau teiles 2 der ersten Seite und eine Seitenfläche des Abstrahlungsbau teiles 3 der zweiten Seite (untere Seite in der Figur) dienen als Abstrahlungsoberflächen 10. Die Abstrahlungsoberflächen 10 der Abstrahlungsbau teile 2 und 3 der ersten und zweiten Seite sind annähernd senkrecht zu den Verbindungs Oberflächen der Abstrahlungsbau teile 2 und 3 mit den Si-Chips 1a und 1b und liegen in einer Ebene miteinander. Die Abstrahlungsoberflächen 10 kontaktieren das äußere Kühlbauteil 13 über das isolierende Substrat 12 mit hoher thermischer Leitfähigkeit und sind durch isolierende Schraubbolzen 22 festgelegt.

Bei dieser Ausführungsform besteht keine Notwendigkeit, zwei außenliegende Kühlbauteile 13 vorzubereiten, so daß die Flexibilität beim Zusammenbau der Halbleitervorrichtung mit dem außenliegenden Kühlbauteil 13 verbessert ist. Beispielsweise ist die Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform für ein herkömmliches Kühl system austauschbar, welches an nur einer Seite ein Kühlteil aufweist. Da zusätzlich die Anzahl von isolierenden Substraten 12 hoher thermischer Leitfähigkeit verringert werden kann, nämlich auf eine, lassen sich Bauteilkosten verringern.

Obgleich bei dieser Ausführungsform die Abstrahlungsoberflächen 10 senkrecht zu den Verbindungs Oberflächen der Abstrahlungsbau teile 2 und 3 mit den Si-Chips 1a und

1b sind, können sie an verschiedenen Arten von äußeren Kühlbauteilen angebracht werden, indem die Winkel geeignet geändert werden. Wenn die leitfähigen Bauteile der vierten Ausführungsform verwendet werden, können die leitfähigen Bauteile von den Seitenflächen der Abstrahlungsbaupteile 2 und 3 unterschiedlich zu den Abstrahlungsüberflächen 10 herausgeführt werden.

#### Neunte Ausführungsform

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 12 eine neunte Ausführungsform als vierter modifiziertes Beispiel erläutert. Diese Ausführungsform unterscheidet sich im Befestigungsverfahren der äußeren Verdrahtungsbaupteile 11. Nachfolgend werden zu Fig. 2A unterschiedliche Teile beschrieben und die gleichen Teile wie in Fig. 2A haben in Fig. 12 gleiche Bezeichnungen.

Genäß Fig. 12 sind jeweils vier Schraubenlöcher 23a in den entsprechenden Abstrahlungsbaupteilen 2 und 3 der ersten und zweiten Seite von den Abstrahlungsüberflächen 10 her die Si-Chips 1a und 1b nicht erreichend ausgebildet. Jedes der äußeren Verdrahtungsbaupteile 11 weist vier Schraubenlöcher 23b auf, welche diese durchtreten und den Schraubenlöchern 23a entsprechen. Sodann werden (nicht gezeigte) Schrauben durch die Schraubenlöcher 23a und 23b von den Oberflächen der äußeren Verdrahtungsbaupteile 11 an einander gegenüberliegenden Seiten der entsprechenden Abstrahlungsüberflächen 10 her eingeführt. Somit sind die Abstrahlungsbaupteile 2 und 3 und die äußeren Verdrahtungsbaupteile 11 miteinander verbunden. Hierbei werden die Schraubenlöcher 23a und 23b durch einen Bohrer oder der gleichen gebildet.

Da bei dieser Ausführungsform die Abstrahlungsbaupteile 2 und 3 die Schraubenlöcher 23a haben, welche diese nicht vollständig durchtreten, berühren die Schrauben die Si-Chips 1a und 1b nicht, und die Schraubenlöcher 23a und 23b können somit an beliebigen Positionen gebildet werden. Da weiterhin die Befestigung durch die Schrauben erfolgt, wirkt kein Druck auf die Si-Chips 1a und 1b, selbst wenn der Druck zum Befestigen der äußeren Verdrahtungsbaupteile 11 auf die entsprechenden Abstrahlungsbaupteile 2 und 3 erhöht wird. Im Ergebnis lassen sich die Kontaktwiderstände zwischen den Abstrahlungsbaupteilen 2 und 3 und den äußeren Verdrahtungsbaupteilen 11 verringern, und die Abstrahlungseigenschaft und die elektrische Leitfähigkeit kann verbessert werden.

Insbesondere kann die Befestigung mit Schrauben an Positionen des Abstrahlungsbaupteiles 3 der zweiten Seite unmittelbar unter den Si-Chips 1a und 1b durchgeführt werden. Somit lässt sich eine thermische und elektrische Verbindung zwischen den Si-Chips 1a und 1b und dem Abstrahlungsbaupteil 3 der zweiten Seite sicherstellen. Die thermischen Verbindungen der Halbleitervorrichtung zu den äußeren Verdrahtungsbaupteilen 11 sind verschraubt, und die isolierenden Substrate 12 hoher thermischer Leitfähigkeit und die äußeren Kühlbauteile 13 können beispielsweise auf gleiche Weise wie in der ersten Ausführungsform angeordnet werden. Ein Schraubenloch 23a oder 23b ist für jedes der Bauteile 2, 3 und 11 ausreichend, um die genannte Befestigung durchzuführen. Diese Ausführungsform ist mit Ausnahme des dritten modifizierten Beispiels bei allen obigen Ausführungsformen anwendbar.

#### Zehnte Ausführungsform

Eine Halbleitervorrichtung einer zehnten bevorzugten Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf Fig. 13 beschrieben. Diese Ausführungsform dient zum Verbessern

der Parallelität zwischen zwei Leitungsbaupteilen (Abstrahlungsbaupteilen), welche zwischen sich ein Halbleiterelement einschließen. Genauer gesagt, die Halbleitervorrichtung enthält ein IGBT-Element 101 und eine Diode 102, welche als Halbleiterelemente einen Schaltkreis bilden. Die Halbleiterelemente 101 und 102 sind an einer Oberfläche 103a eines plattenförmigen ersten Leitungsbaupteils 103 (erstes leitfähiges Bauteil) angeheftet, welches beispielsweise aus Kupfer gefertigt ist, was über erste Lötbauteile 104 erfolgt, welche aus 10 Gew.-% Sn (Zinn) und 90 Gew.-% Pb (Blei) bestehen und einen Schmelzpunkt von 320°C haben. Blockförmige Wärmesenken 105 aus Kupfer sind über die ersten Lötbauteile 104 entsprechend an den Halbleiterelementen 101 und 102 befestigt.

15 An den Wärmesenken 105 ist ein zweites Leitungsbauteil (zweites leitfähiges Bauteil) 107 aus Kupfer oder dergleichen an einer Oberfläche 107a über zweite Lötbauteile 106 befestigt, welche einen Schmelzpunkt haben, der unter demjenigen der ersten Lötbauteile 104 liegt. Die zweiten Lötbauteile 106 enthalten beispielsweise Zinn mit 90 Gew.-% oder mehr und haben einen Schmelzpunkt von 240°C.

20 Die Oberfläche 103a des ersten Leitungsbaupteils 103 und die Oberfläche 107a des zweiten Leitungsbaupteils 107 weisen aufeinander zu, wobei die Halbleiterelemente 101 und 102 dazwischen liegen, und erstrecken sich annähernd parallel zueinander (beispielsweise beträgt eine Neigung zwischen den Leitungsbaupteilen 103 und 107 0,1 mm oder weniger). Auch bei dieser Halbleitervorrichtung sind eine äußere Leitung 108 und das IGBT-Element 101 elektrisch 25 miteinander über einen Bondierungsdraht 109 aus Gold oder Aluminium zur elektrischen Verbindung mit der Außenseite verbunden.

30 Die Bauteile 101 bis 109, welche wie oben erläutert zusammengebaut sind, werden mit Gießharz 110 aus beispielsweise Epoxyharz eingekapselt und versiegelt und sind somit vor der Umgebung geschützt. Die anderen Oberflächen 103b, 107b der Leitungsbaupteile 103 und 107 liegen von dem Harz 110 unbedeckt, d. h. frei, vor und diesen als Abstrahlungsüberflächen.

35 Somit besteht bei dieser Halbleitervorrichtung der Schaltkreis aus den beiden Halbleiterelementen 101 und 102 und den beiden Leitungsbaupteilen 103 und 107, welche gleichzeitig als Elektroden dienen. Eine Signalverbindung zwischen den Halbleiterelementen 101 und 102 und der Außenseite erfolgt über die Leitungsbaupteile 103 und 107, den Draht 109 und die äußere Leitung 108. Die Leitungsbaupteile 103 und 107 dienen auch als Abstrahlungsbaupteile und erleichtern die Wärmekabstrahlung beispielsweise durch Anordnen von Kühlbauteilen (nicht gezeigt) auf den Oberflächen 103b und 107b mittels isolierenden Bauteilen.

40 Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung der Halbleitervorrichtung der vorliegenden Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Fig. 14A bis 14C beschrieben. Zunächst werden die Halbleiterelemente 101 und 102 an die Oberfläche 103a des ersten Leitungsbaupteils 103 mit dem ersten Lötbauteil bzw. den ersten Lötbauteilen 104 befestigt. Sodann werden die Wärmesenken 105 an den ersten und zweiten Halbleiterelementen 101 und 102 ebenfalls mit den ersten Lötbauteilen 104 befestigt. Dieser Zustand ist in Fig. 45 14A gezeigt. Diese zusammengefaßten Bauteile werden als Werkstück 150 bezeichnet.

45 Nachfolgend wird die Oberfläche 107a des zweiten Leitungsbaupteils 107 an den Halbleiterelementen 101 und 102 befestigt, an welchen bereits die Wärmesenken 105 befestigt sind, was über die zweiten Lötbauteile 106 erfolgt, welche niedrigeren Schmelzpunkt haben. Insbesondere ist gemäß Fig. 14B das zweite Leitungsbauteil 107 auf einer Aufspannvorrichtung oder Lehre 160 angeordnet, wobei die

Oberfläche 107a nach oben weist, und die zweiten Lötbauteile 106 werden auf bestimmten Positionen der Oberfläche 107a abgesetzt. Sodann wird das Werkstück 150 von Fig. 14A umgedreht und auf die Oberfläche 107a des zweiten Leitungsbaukörpers 107 mittels den zweiten Lötbauteilen 106 angeordnet.

Weiterhin wird ein plattenförmiges Gewicht 161 aus rostfreiem Stahl oder dergleichen auf die andere Oberfläche 103b des ersten Leitungsbaukörpers 103 gesetzt. Die Lehre 160 ist mit einem Abstandshalter 162 versehen, der eine spezielle Höhe hat (beispielsweise 1 mm) und der aus Kohlenstoff oder dergleichen besteht, um den Spalt zwischen den beiden Leitungsbaukörnern 103 und 107 zu bestimmen. Dieser Zustand ist in Fig. 14B gezeigt. Sodann werden die Bauteile in diesem Zustand in einen Heizofen gebracht, wobei nur die zweiten Lötbauteile 106 aufschmelzen.

Somit wird das Werkstück 150 durch das Gewicht 161 unter Druck gesetzt und, wie in Fig. 14C gezeigt, werden die zweiten Lötbauteile 106 gequetscht und der Spalt zwischen den beiden Leitungsbaukörnern 103 und 107 wird bis auf die Höhe des Abstandshalters 162 verringert. Somit wird der Grad der Parallelität zwischen den beiden Leitungsbaukörnern 103 und 107 gesteuert. Darüber hinaus, wenn die Schmelzpunkte des ersten Lötbauteiles 104 bzw. des zweiten Lötbauteiles 106 bei 320°C bzw. 240°C liegen, werden in dieser Ausführungsform bevorzugt eine Reflow-Temperatur von 250°C und eine mittels des Gewichtes 161 aufgebrachte Last von 0,08 g/mm<sup>2</sup> verwendet.

Die Dicke des zweiten Lötbauteiles 106 beträgt bevorzugt ungefähr 100 µm bis 300 µm. Wenn es zu dünn ist, wird die Dicke zur Steuerung des Grades der Parallelität zwischen den beiden Leitungsbaukörnern 103 und 107 unzureichend. Wenn es zu dick ist, wird die thermische Leitfähigkeit zwischen den Halbleiterelementen und den Leitungsbaukörnern ungünstig. Weiterhin enthalten die zweiten Lötbauteile 106 Zinn mit 90 Gew.-% oder mehr, was vorteilhaft ist, eine ausreichende thermische Leitfähigkeit sicherzustellen. Nach den obengenannten Schritten erfolgt eine Drahtbondierung zu der äußeren Leitung 108 und das Einbetten oder Eingießen in Kunstharz oder Kunststoff. Im Ergebnis wird die Halbleitervorrichtung von Fig. 13 fertiggestellt.

Bei dem oben beschriebenen Herstellungsverfahren erfolgt in dem Werkstück 150, bei dem die beiden Oberflächen der Halbleiterelemente 101 und 102 durch die ersten und zweiten Leitungsbaukörner (Abstrahlungsbaukörner) 103 und 107 über die ersten und zweiten Lötbauteile 104 und 106 eingeschlossen sind, ein Reflow-Vorgang oder erneutes Aufschmelzen nur an den zweiten Lötbauteilen 106, da die zweiten Lötbauteile 106 einen niedrigeren Schmelzpunkt als die ersten Lötbauteile 104 haben.

Sodann wird in diesem Zustand Druck auf die obere Seite des ersten Leitungsbaukörpers 103 (oder zweiten Leitungsbaukörpers 107) aufgebracht, so daß die zweiten Lötbauteile 106 in dem Zustand verformt werden, in welchem die Halbleiterelemente 101 und 102 von dem ersten Lötbauteil 104 getragen werden. Infolgedessen kann der Grad der Parallelität zwischen den beiden Leitungsbaukörnern 103 und 107 gesteuert werden. Beispielsweise kann der Grad der Parallelität zwischen den beiden Leitungsbaukörnern 103 und 107 auf gleich oder weniger als 0,1 mm gemacht werden.

Somit kann bei der beschriebenen Ausführungsform eine Halbleitervorrichtung mit einem ausreichenden Grad an Parallelität zwischen den beiden Bauteilen 103 und 107 geschaffen werden. In Fig. 13 kann die Halbleitervorrichtung unter Umständen auf das Gießharz 10 verzichten. In so einem Fall kann der Grad von Parallelität zwischen den beiden Bauteilen 103 und 107 leicht eingestellt werden.

Wie weiterhin in Fig. 15 gezeigt, kann das zweite Leit-

tungsbaukörner 107 vertieft oder zurückgestufte Abschnitte 107c (mit beispielsweise einer Tiefe von ungefähr 0,1 mm) in der Oberfläche 107a haben, und die zweiten Lötbauteile 106 können in diesen vertieften Abschnitten 107c angeordnet werden. Selbst wenn die zweiten Lötbauteile 106 während des Neuaufschmelzens unter Unterdrucksetzen zerquetscht werden, um quasi extrudiert zu werden, verhindern die vertieften Abschnitte 107c den Austritt der Lötbauteile 106. Wenn weiterhin die Lötbauteile 106 aus Lötfolien bestehen, wird die Positionierung vereinfacht.

Das zweite Leitungsbaukörner 107 kann an den Halbleiterelementen 101 und 102 über die zweiten Lötbauteile 106 ohne die Wärmesenken 105 angeheftet werden. Die vorliegende Ausführungsform betrifft eine Halbleitervorrichtung, bei der das Halbleiterelement zwischen das Paar von leitfähigen Bauteilen mittels der Lötbauteile eingeschlossen ist und die leitfähigen Bauteile nur entweder eine Abstrahlungsfunktion oder eine Elektrodenfunktion haben können.

#### Elste Ausführungsform

In einer elften bevorzugten Ausführungsform wird der Gegenstand der vorliegenden Erfindung bei einer Halbleitervorrichtung bei einem elektronischen Instrument oder einem elektronischen Element gemäß Fig. 16 angewendet.

Die Halbleitervorrichtung besteht gemäß Fig. 16 im wesentlichen aus einem Heizelement 201 und einem Paar von Abstrahlungsbaukörnern 202 und 203 zum Abstrahlen von Wärme von dem Heizelement 201. Auf einer Oberfläche 201a des Heizelementes 201 ist das Abstrahlungselement 202 der ersten Seite über einen Abstrahlungsblock 204 und ein Verbindungsbauteil 205 angeheftet, wohingegen auf der anderen Oberfläche 201b des Heizelementes 200 das Abstrahlungsbaukörner 203 der zweiten Seite über ein Befestigungselement 205 angeheftet ist. Somit schließen die Abstrahlungsbaukörner 202 und 203 das Heizelement 201 über die Befestigungsbauteile 205 zwischen sich ein.

In dieser Ausführungsform ist das Heizelement 201 ein Leistungshalbleiterelement, beispielsweise ein IGBT oder ein Thyristor. Die Befestigungsbauteile 205 sind aus einem Lot gefertigt. Die Abstrahlungsbaukörner 202 und 203 der ersten und zweiten Seite und der Abstrahlungsblock 204 sind aus Cu (Kupfer). Jede Ebenenform der Bauteile 201 bis 204 ist im wesentlichen rechteckförmig.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung dieser Halbleitervorrichtung erläutert. Zunächst werden das Halbleiterelement 201, die Abstrahlungsbaukörner 202 und 203 der ersten und zweiten Seite und der Abstrahlungsblock 204 vorbereitet. Jedes der Abstrahlungsbaukörner 202 und 203 der ersten und zweiten Seite hat einen Bereich in einer Ebenenrichtung größer als das Halbleiterelement 201 und der Abstrahlungsblock 204.

Nachdem eine Lotpaste im Nahbereich der Mitte der Oberfläche 203a des Abstrahlungsbaukörner 203 der zweiten Seite aufgebracht worden ist, wird das Halbleiterelement 201 aufgesetzt. Dann wird auf ähnliche Weise eine Lotpaste auf das Halbleiterelement 201 aufgebracht und der Abstrahlungsblock 204 hierauf gesetzt. Weiterhin wird die Lotpaste auf den Abstrahlungsblock 204 aufgebracht.

Nachfolgend wird gemäß Fig. 16 eine Stütze oder Lehre 206 zum Festlegen des Abstandes zwischen den Abstrahlungsbaukörnern 202 und 203 der ersten und zweiten Seite vorbereitet. Die Lehre 206 hat ein Paar von Oberflächen (parallelen Oberflächen) 206a und 206b, welche zueinander parallel sind. Die Lehre 206 wird so auf dem Abstrahlungsbaukörner 203 der zweiten Seite angeordnet, daß die Oberfläche 206a die Oberfläche 203a des Abstrahlungsbaukörner 203 der zweiten Seite berührt, wo das Halbleiterelement 201

nicht liegt. Hierbei ist die Lehre 206 aus einem Material wie beispielsweise Al (Aluminium) mit einem größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als demjenigen der Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite, welche aus Cu gefertigt sind.

Dann wird das Abstrahlungsbau teil 202 der ersten Seite auf der auf den Abstrahlungsblock 204 und der Oberfläche 206b der Lehre 206 aufgebrachten Lotpaste angeordnet, und von der oberen Oberfläche 202b des Abstrahlungsbau teiles 202 der ersten Seite wird bei Bedarf beispielsweise durch ein Gewicht 208 eine Last aufgebracht. Somit gerät das Abstrahlungsbau teil 202 der ersten Seite von außen her unter Druck, so daß die Oberfläche 202a des Abstrahlungsbau teiles 202 der ersten Seite auf der Lehre 206 aufsitzt.

Danach werden die Bauteile 201 bis 204, welche auf obige Weise zusammenlaminiert wurden, in diesem Zustand einem Reflow-Vorgang unterworfen, so daß die Lotpaste aushärtet und zu dem Lot 205 wird und das Halbleiterelement 201, der Abstrahlungsblock 204 und die Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite miteinander verbunden werden. Danach wird das Gewicht 208 entfernt und die Lehre 206 wird durch Herausziehen in Seitenrichtung entfernt. Im Ergebnis ist die Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform fertiggestellt.

Bei dieser Ausführungsform ist der Abstand zwischen den Oberflächen (inneren Oberflächen) 202a und 203a der Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite, welche in Richtung des Halbleiterchips 201 weisen, durch die Dicke der Lehre 206 steuerbar. Wenn somit im Ergebnis die Bauteile 201 bis 204 miteinander durch Laminierung zusammengefügt werden, besteht keine Notwendigkeit, Abmessungstoleranzen seitens der Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite zu berücksichtigen. Von daher besteht auch keine Notwendigkeit, das Lot 205 dicker zu machen, um Abmessungstoleranzen der Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite auszugleichen oder aufzunehmen. Somit kann die Halbleitervorrichtung mit einer Lotdicke bereitgestellt werden, welche so gering wie möglich gemacht ist.

Allgemein dehnen sich die jeweiligen Bauteile bei der Erwärmung durch den Reflow-Vorgang aus und ziehen sich bei Abkühlung zusammen. Die Formänderung aufgrund dieser Ausdehnung und Zusammenziehung wird groß, wenn der thermische Ausdehnungskoeffizient groß wird. Da in dieser Ausführungsform der thermische Ausdehnungskoeffizient der Lehre 206 im Vergleich zu den Ausdehnungskoeffizienten der Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite und des Abstrahlungsblokkes 204 groß ist, zieht sich die Lehre 206 viel weiter als die anderen Bauteile 201 bis 204 zusammen, wenn Rückkehr auf Raumtemperatur erfolgt, nachdem die Bauteile 201 bis 204 durch das Lot 205 zusammengefügt wurden, welches in einem Zustand aushärtet, in welchem sich die entsprechenden Bauteile 201 bis 204 beim Reflow ausdehnen.

Im Ergebnis wird der Spalt zwischen den Oberflächen 202a und 203a der Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite größer als der Abstand zwischen den parallelen Oberflächen 206a und 206b der Lehre 206. Aufgrund dieser Tatsache kann die Lehre 206 leicht entfernt werden. Da auch der Grad der Parallelität zwischen den Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite durch die parallelen Oberflächen 206a und 206b der Lehre 206 gesteuert werden kann, läßt sich der Grad der Parallelität zwischen den Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite sicherstellen, auch dann, wenn die Dicke des Lotes 205 verringert wird.

Obgleich die beschriebene Ausführungsform den Fall darstellt, in welchem der thermische Ausdehnungskoeffi-

zient der Lehre 206 größer als derjenige der anderen Bauteile 202 bis 204 ist, ist die Lehre 206 nicht auf diesen thermischen Ausdehnungskoeffizienten beschränkt, solange die Lehre 206 entfernt werden kann, nachdem die Bauteile 201 bis 204 zusammengefügt worden sind. Auch ist die Form der Lehre 206 nicht auf die in der Figur gezeigten Form beschränkt, sondern kann auch andere Formen haben, solange die Lehre 206 den Abstand zwischen den Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite bestimmen und festlegen kann.

Das Lot 205 wird als Verbindungsbauteil verwendet und wird beim Reflow-Vorgang durch Aushärten einer Lotpaste gebildet. Die Verbindung kann jedoch auch durch Zwischenlegen von Lotfolien zwischen die zu laminierenden Bauteile und durch Aufschmelzen und Aushärten der Lotfolien durchgeführt werden. Alternativ kann auch ein leitfähiger Klebstoff verwendet werden.

Die Anordnungsreihenfolge von Halbleiterelement 201, Abstrahlungsblock 204, Lotpaste und Lehre 206 auf dem Abstrahlungsbau teil 203 der zweiten Seite ist nicht auf die oben beschriebene beschränkt und ist änderbar, vorausgesetzt, daß der in der Figur gezeigte Aufbau erhalten werden kann. Es wurde beschrieben, daß die Lehre 206 parallele Oberflächen 206a und 206b hat; diese Oberflächen 206a und 206b müssen jedoch nicht immer notwendigerweise parallel zueinander sein, vorausgesetzt, daß die Lehre 206 den Abstand zwischen der Oberfläche 202a des Abstrahlungsbau teiles 202 der ersten Seite und der Oberfläche 203a des Abstrahlungsbau teiles 203 der zweiten Seite festlegen kann.

Beispielsweise kann die Lehre 206 wenigstens drei Vorsprünge an Abschnitten haben, welche die Abstrahlungsbauten 202 und 203 der ersten und zweiten Seite berühren.

Weiterhin kann, obgleich in der Zeichnung nicht gezeigt, in einem Fall, in welchem ein Kontaktkissen, das auf der Oberfläche des Halbleiterelementes 201 ausgebildet ist, mit einem Leiterrahmen drahtbondiert wird, dieses Drahtbondieren durchgeführt werden, nachdem die Lehre 206 von den zusammengefügten Bauteilen entnommen oder entfernt worden ist. Wenn in diesem Fall das Halbleiterelement 201 im Nahbereich des Kantenbereichs des Abstrahlungsbau teiles 203 der zweiten Seite liegt, liegt ein Fall vor, in welchem das Drahtbondieren problemlos durchgeführt werden kann; die Form des Abstrahlungsbau teiles 203 der zweiten Seite kann jedoch geeignet abgeändert werden, so daß die Draht bondierung zu dem Kontaktkissen vereinfacht wird.

Weiterhin läßt sich noch die folgende Vorgangsweise betrachten: Nachdem das Kontaktkissen auf dem Halbleiterelement 201 über einen Draht mit dem Leiterrahmen drahtbondiert worden ist, wird die Lehre 206 auf dem Abstrahlungsbau teil der ersten Seite angeordnet, wobei der Draht und der Leiterrahmen umgangen werden, und dann wird das Abstrahlungsbau teil der zweiten Seite angeordnet. In diesem Zustand können die Bauteile 201 bis 204 bondiert oder zusammengebracht werden. Die Halbleitervorrichtung in dieser Ausführungsform kann mit einem Harz oder Kunststoff vergossen werden. Auch können die Abstrahlungsbauten 202 bis 204 Keramiksubstrate mit metallisierten Oberflächen sein.

## 60 Zwölfte Ausführungsform

Fig. 17 zeigt schematisch ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung gemäß einer zwölften bevorzugten Ausführungsform. Diese Ausführungsform ist im wesentlichen identisch mit der elften Ausführungsform, was den Aufbau der Halbleitervorrichtung betrifft, unterscheidet sich jedoch in dem Verfahren zur Herstellung der Halbleitervorrichtung. Genauer gesagt, das Verfahren zum Einstellen

der Abmessung zwischen den Oberflächen 202a und 203a der Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite unterscheidet sich von der vorangegangenen Ausführungsform. Gleiche Teile wie in der elften Ausführungsform sind wieder mit gleichen Bezugssymbolen versehen.

In dieser Ausführungsform werden zunächst die Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite, der Abstrahlungsblock 204 und das Halbleiterelement 201 vorbereitet. Die Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite weisen Durchgangsbohrungen 221 und 231 auf, welche diese Bauteile in Dickenrichtung in den entsprechenden vier Ecken der Ebene durchdringen. Die Durchgangsbohrungen 221 und 231 nehmen erste und zweite vorspringende Abschnitte 261 und 271 auf, welche nachfolgend beschrieben werden.

Weiterhin werden erste und zweite Lehren 260 und 270 vorbereitet. Die Lehren 260 bzw. 270 haben rechteckförmige Plattenabschnitte, und in der ersten Lehre 260 stehen vier erste vorspringende Abschnitte 261 von einer Oberfläche 260a des Plattenabschnittes vor und in der zweiten Lehre 270 stehen vier zweite vorspringende Abschnitte 271 von einer Oberfläche 270a des Plattenabschnittes vor. Die ersten und zweiten vorspringenden Abschnitte 261 und 271 sind annähernd symmetrisch angeordnet, und zwar an inneren Abschnitten und nicht an den Kanten oder Rändern der Plattenabschnitte.

An den entsprechenden Kantenabschnitten der Lehren 260 und 270 stehen vorspringende Abschnitte 262 und 272 zur Positionierung von den Oberflächen 260a und 270a zum Festlegen des Abstandes zwischen der ersten Lehre 260 und der zweiten Lehre 270 vor. Die vorspringenden Abschnitte 261, 262, 271 und 272 haben vordere Endabschnitte 261a, 262a, 271a und 272a, von denen jeder eine im wesentlichen flache Stirnfläche hat. Die ersten und zweiten Lehren 260 und 270 sind beispielsweise aus C (Kohlenstoff) gefertigt.

Nachfolgend wird die Oberfläche 202a des Abstrahlungsbauteiles 202 der ersten Seite auf der Oberfläche 201a der Halbleitervorrichtung 201 über den Abstrahlungsblock 204 und eine Lotpaste angeordnet. Auf die andere Oberfläche 201b des Halbleiterelementes 201 wird das Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite auf seiten der Oberfläche 203a über eine Lotpaste angeordnet. Somit werden ähnlich zur elften Ausführungsform das Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite, das Halbleiterelement 201 und der Abstrahlungsblock 204 über eine Lotpaste festgelegt, und das Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite wird über eine aufzubringende Lotpaste an dem Abstrahlungsblock 204 befestigt.

Sodann wird die erste Lehre 260 mit der Oberfläche 260a nach oben weisend angeordnet und ein Federbauteil 290, bestehend aus einer Schraubenfeder und einer rechteckförmigen Basis 291, welche am Ende der Schraubenfeder befestigt ist, wird auf der Oberfläche 260a angeordnet. Das andere Ende der Schraubenfeder 290 kann mit der Oberfläche 260a der ersten Lehre 260 in Verbindung stehen oder nicht.

Sodann werden die laminierten Bauteile 201 bis 204 auf der ersten Lehre 260 so angeordnet, daß die Oberfläche 203b des Abstrahlungsbauteiles 203 der zweiten Seite von der Basis 290 der Schraubenfeder getragen wird, welche sich auf der Oberfläche 260a der Lehre 260 abstützt, wobei die ersten vorspringenden Abschnitte 261 in die Bohrungen 231 eingeführt werden, welche im Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite ausgebildet sind. Sodann wird das Gewicht 208 auf die Oberfläche 202b des Abstrahlungsbauteiles 202 der ersten Seite gesetzt. Die zweite Lehre 270 wird mit der Oberfläche 270a nach unten weisend ausgerichtet und der Oberfläche 202b des Abstrahlungsbauteiles 202 der ersten Seite angenähert und dann so eingebaut, daß die

zweiten vorspringenden Abschnitte 271 in die Bohrungen 221 eingeführt werden, welche in dem Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite ausgebildet sind. Somit sind die Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite, der Abstrahlungsblock 204 und das Halbleiterelement 201, welche wie oben laminiert sind, von den ersten und zweiten Lehren 260 und 270 eingefäßt.

Nachfolgend läßt man die vorderen Endabschnitte 262a der vorspringenden Abschnitte 262, die an der ersten Lehre 260 zum Positionieren ausgebildet sind, an den vorderen Endabschnitten 272a der vorspringenden Abschnitte 272, die an der zweiten Lehre 270 zur Positionierung ausgebildet sind, anstoßen. Infolgedessen kann ein festgelegter Abstand zwischen den ersten und zweiten Lehren 260 und 270 beibehalten werden. Mit anderen Worten, besagter Abstand wird die Summe der Längen der vorspringenden Abschnitte 262 und 272.

Zu diesem Zeitpunkt stehen die vorderen Endabschnitte 261a der ersten vorspringenden Abschnitte 261 an der Oberfläche 202a des Abstrahlungsbauteiles 202 der ersten Seite an und die vorderen Endabschnitte 271a der zweiten vorspringenden Abschnitte 271 stehen an der Oberfläche 203a des Abstrahlungsbauteiles 203 der zweiten Seite an. Weiterhin werden die Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite von den Oberflächen 202a und 203a durch die elastische Kraft des Federbauteiles 290 und durch die Gewichtskraft des Gewichtes 208 unter Druck gesetzt.

Im Zustand, wo die entsprechenden Bauteile 201 bis 204 durch die ersten und zweiten Lehren 260 und 270 festgelegt sind, wird das Lot durch Reflow ausgehärtet, und die Abstrahlungsbauteile 202 und 230 der ersten und zweiten Seite, der Abstrahlungsblock 204 und das Halbleiterelement 201 werden durch das Lot 205 zusammengeheftet. Dann werden die erste Lehre 260 und die zweite Lehre 270 in eine Richtung nach oben bzw. nach unten bewegt, so daß die zusammengehefteten Bauteile 201 bis 204 aus den Lehren 260 bis 270 entnommen werden können. Danach ist die Halbleitervorrichtung fertig.

Bei der beschriebenen Ausführungsform können die vorspringenden Abschnitte 261 und 271 jeweils an den Oberflächen 202a und 203a der Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite anschlagen, wobei eine konstante Distanz zwischen den ersten und zweiten Lehren 260 und 270 erhaltbar ist. Infolgedessen läßt sich die Distanz oder der Abstand zwischen den Oberflächen 202a und 203a der Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite einstellen oder regeln. Genauer gesagt, gemäß Fig. 17 ist die Überlappungslänge K der ersten und zweiten vorspringenden Abschnitte 261 und 271 konstant. Weiterhin werden die Oberflächen 202a und 203a der Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite jeweils von den vier ersten vorspringenden Abschnitten 261 und den vier zweiten vorspringenden Abschnitten 271 getragen. Somit kann der Grad der Parallelität zwischen den Abstrahlungsbauteilen 202 und 203 der ersten und zweiten Seite durch Einstellen der Längen der vorspringenden Abschnitte 261 und 271 sichergestellt werden.

Es besteht daher keine Notwendigkeit, Dimensionstoleranzen der Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite zu berücksichtigen und keine Notwendigkeit, das Lot 205 dicker zu machen, um derartige Abmessungstoleranzen der Abstrahlungsbauteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite zu kompensieren. Das Herstellungsverfahren der beschriebenen Ausführungsform kann eine Halbleitervorrichtung schaffen, bei der die Dicke des Lotes so dünn wie möglich gemacht wird.

Da weiterhin die Bohrungen 221 und 231 in den Abstrahlungsbauteilen 202 und 203 der ersten und zweiten Seite

ausgebildet sind, schlagen die vorderen Endabschnitte 261a und 271a der ersten und zweiten vorstehenden Abschnitte 261 und 271 ausreichend an den Oberflächen 202a und 203a der Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite an, indem sie die Bohrungen 231 und 221 durchtreten. Das Einführen der ersten und zweiten vorstehenden Abschnitte 261 und 271 in die Bohrungen 231 und 221 in den Abstrahlungsbaupteilen 203 und 202 der zweiten und ersten Seite kann die Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite in Horizontalrichtung, d. h. in einer Richtung parallel zu den Oberflächen 202a und 203a, positionieren.

Da das Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite von dem Federbauteil 290 gehalten wird, kann das Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite geeignet durch die Elastizität des Federbauteiles 290 unter Druck gesetzt werden, auch wenn der Abmessungsfehler im Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite hoch sein sollte. Da weiterhin das Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite durch das bewegliche Gewicht 208 unter Druck gesetzt wird, kann das Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite ausreichend oder geeignet unter Druck gesetzt werden, auch wenn der Abmessungsfehler im Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite groß sein sollte.

Selbst wenn die Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 zueinander unterschiedliche Dicken haben sollten, können die gleichen Lehren 260 und 270 wie oben beschrieben verwendet werden, da das Unter-Druck-Setzen durch das Federbauteil 290 und das Gewicht 208 gesteuert werden kann und aufgrund der gleichen Gründe wie oben beschrieben im Zusammenhang mit der Verwendung des Federbauteiles 290 und des Gewichtes 208.

Genauer gesagt, es sei beispielsweise im Zustand von Fig. 17 angenommen, daß Festkörper hoher Steifigkeit im Spalt zwischen dem Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite und der zweiten Lehre 270 und in dem Spalt zwischen dem Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite und der ersten Lehre 260 liegen sollen, mit Höhen entsprechend der Spalte. Wenn in diesem Fall die Dicke der Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite zu hoch sind, können auf die Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite aufgebrachte Belastungen erhöht werden, indem sie zwischen die vorderen Endabschnitte 261a und 271a der vorstehenden Abschnitte 261 und 271 und die Festkörper gebracht werden. Dies kann zu einem Bruch der Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite führen. Andererseits, wenn die Dicke der Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite zu gering ist, können die vorderen Endabschnitte 261a und 271a der vorstehenden Abschnitte 261 und 271 nicht an den jeweiligen Abstrahlungsbaupteilen 202 und 203 anliegen. Im Gegensatz hierzu können bei der beschriebenen Ausführungsform die Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite durch Verwenden des Federbauteiles 290 und des Gewichtes 208 hinreichend oder ausreichend unter Druck gesetzt werden.

Da weiterhin der Aufbau so ist, daß die Halbleitervorrichtung von den Lehren 260 und 270 durch Abheben der Lehren 260 bzw. 270 nach oben bzw. unten entnommen werden kann, ist die Entnahme einfach. Die Lehren 260 und 270 müssen nicht Plattenform haben, sondern können unterschiedliche Formen haben, solange die ersten und zweiten vorstehenden Abschnitte 261 und 271 vorgesehen sind. Um die Oberflächen 202a und 203a der Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite zu lagern, ist es ausreichend, drei vorstehende Abschnitte 261 und 271 jeweils vorzusehen. Die vorderen Endabschnitte 261a, 262a, 271a und 272a der vorstehenden Abschnitte 261, 262, 271

und 272 müssen weiterhin nicht unbedingt flach sein.

Die vorstehenden Abschnitte 262 und 272 zur Positionierung müssen nicht an den jeweiligen Lehren 260 und 270 vorhanden sein. Beispielsweise kann das Abstrahlungsbauteil der zweiten Seite mit einem langen vorstehenden Abschnitt zur Positionierung mit einem vorderen Endabschnitt versehen sein, der an der Oberfläche 260a der Lehre 260 anschlägt, ohne daß der vorstehende Abschnitt zur Positionierung gegenüber der ersten Lehre 260 gebildet ist. Weiterhin kann eine externe Vorrichtung oder dergleichen den Abstand zwischen den Lehren 260 und 270 festlegen; hierbei besteht dann keine Notwendigkeit, die vorstehenden Abschnitte für die Positionierung vorzusehen.

In der Figur ist nur eine Halbleitervorrichtung während der Herstellung gezeigt; es versteht sich, daß mehrere oder verschiedene Halbleitervorrichtungen gleichzeitig unter Verwendung erster und zweiter Lehren hergestellt werden können, welche mehrere Paare erster und zweiter vorstehender Abschnitte haben. Obgleich die Bohrungen 221 und 231 zur Aufnahme der vorstehenden Abschnitte 261 und 271 so ausgebildet sind, daß die Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 der ersten und zweiten Seite durchtreten werden, können anstelle dieser Bohrungen 221 und 231 Kerben oder Ausnehmungen an den Kantenbereichen der Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 ausgebildet werden, welche den Durchtritt der vorstehenden Abschnitte 261 und 271 erlauben.

Weiterhin können beispielsweise die ersten vorstehenden Abschnitte 261 durch die Außenseite des Abstrahlungsbaupteiles 203 der zweiten Seite verlaufen, indem der Bereich oder die Größe des Abstrahlungsbaupteiles 203 der zweiten Seite verkleinert wird. In diesem Fall sind die Bohrungen 231 nicht in dem Abstrahlungsbauteil 203 der zweiten Seite ausgebildet. Das Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite hat die Durchgangsbohrungen 221, um es zu ermöglichen, daß die zweiten vorstehenden Abschnitte 271 eingesetzt werden.

Weiterhin können die jeweiligen Abstrahlungsbaupteile 202 und 203 an Kantenbereichen verformt oder gebogen sein, so daß die vorstehenden Abschnitte 261 und 271 vorbeilaufen oder hindurchlaufen können, wobei die vorderen Endabschnitte 261a der ersten vorstehenden Abschnitte 261 an der Oberfläche 202a des Abstrahlungsbaupteiles 202 der ersten Seite anliegen und die vorderen Endabschnitte 271a der zweiten vorstehenden Abschnitte 271 an der Oberfläche 203a des Abstrahlungsbaupteiles 203 der zweiten Seite anliegen.

Obgleich das Gewicht 208 am Abstrahlungsbauteil 202 der ersten Seite liegt, kann das Federbauteil 290 zwischen der Oberfläche 202b des Abstrahlungsbaupteiles 202 der ersten Seite und der Oberfläche 270a der zweiten Lehre 270 liegen. Obgleich weiterhin das Federbauteil 290 in der beschriebenen Ausführungsform aus einer Schraubenfeder besteht, kann es auch aus anderen elastischen Bauteilen bestehen. Weiterhin können die vorderen Endabschnitte 261a und 271a der ersten und zweiten vorstehenden Abschnitte 261 und 271 in Kontakt mit den Abstrahlungsbaupteilen 202 und 203 gebracht werden, wenn der Reflow-Vorgang durchgeführt wird, um die Bauteile 201 bis 204 zu verbinden, wobei ein thermisch verformbares Bauteil, beispielsweise eine Form/Gedächtnis-Legierung, ein Bimetall oder dergleichen verwendet wird, welches sich während des Reflow-Vorgangs verformt.

Gemäß Fig. 18 kann bei Weglassen des Gewichtes 208 die zweite Lehre 270 eine Durchgangsöffnung 273 aufweisen, welche sich in Dickenrichtung erstreckt. In diesem Fall wird, nachdem die laminierten Bauteile von den ersten und zweiten Lehren 260 und 270 eingefäßt worden sind, ein Bauteil 281 in die Durchgangsöffnung 273 von der Seite der

Oberfläche 270b der Lehre 270 her eingesetzt und übt Druck auf die Oberfläche 202b des Abstrahlungsbaukasten 202 der ersten Seite aus.

Nachfolgend sei noch ein weiteres Verfahren zur Herstellung der Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform dargelegt. Beim obigen Verfahren werden, nachdem die entsprechenden Bauteile 201 bis 204 unter Verwendung einer Lotpaste laminiert worden sind, sie von den ersten und zweiten Lehren 260 und 270 aufgenommen und eingeschlossen. Nachdem die laminierten Bauteile 201 bis 204 zur Verbindung durch das Lot 205 einem Reflow-Vorgang unterworfen worden sind, können die Bauteile, welche so zusammengefügt worden sind, erst dann von den ersten und zweiten Lehren 260 und 270 eingefasst werden und dann erneut einem Reflow-Vorgang unterzogen werden. Hierbei wird das ausgehärzte Lot geschmolzen oder erweicht, um es den Bauteilen 201 bis 204 zu ermöglichen, sich zu bewegen, und die Bauteile 201 bis 204 können abhängig von den durch die Lehren 260 bis 270 bestimmten Dimensionen neu angeordnet werden. In diesem Zustand wird dann das Lot 205 erneut ausgehärzt.

Alternativ hierzu kann der Zustand gemäß Fig. 17 verwendet werden, wobei das Federbauteil 290, die Basis 291, das Abstrahlungsbaukasten 203 der zweiten Seite, eine Lotfolie, das Halbleiterelement 201, eine Lotfolie, der Abstrahlungsblock 204, eine Lotfolie, das Abstrahlungsbaukasten 202 der ersten Seite, das Gewicht 208 und die zweite Lehre 270 in dieser Reihenfolge auf der ersten Lehre 260 angeordnet werden, wonach dann ein Reflow-Vorgang durchgeführt wird, um die Lotfolien zu schmelzen und auszuhärten und um die Bauteile 201 bis 204 zusammenzufügen.

### Dreizehnte Ausführungsform

Unter Bezugnahme auf Fig. 19 wird nachfolgend eine dreizehnte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. Halbleiterchips, welche in dieser Ausführungsform verwendet werden, sind ein Halbleiterchip, in welchem ein IGBT ausgebildet ist (IGBT-Chip) 301, und ein Halbleiterchip, in welchem eine FWD gebildet ist (FWD-Chip) 302. Die Halbleiterchips 301 und 302 bestehen hauptsächlich aus Silizium und haben eine Dicke von ungefähr 0,5 mm. In den Halbleiterchips 301 und 302 sind die Oberflächen mit ausgebildeten Elementen als Hauptoberflächen 301a und 302a bezeichnet und die gegenüberliegenden Oberflächen werden als Rückenoberflächen 301b und 302b bezeichnet. Auf der Hauptoberfläche 301a des IGBT-Chips 301 ist eine Emitterelektrode ausgebildet und auf der Rückenoberfläche 301b des IGBT-Chips 301 ist eine Kollektorelektrode ausgebildet, obgleich diese Elektroden in der Zeichnung nicht dargestellt sind.

An die Hauptoberflächen 301a und 302a der Halbleiterchips 301 und 302 sind Rückenoberflächen 303b von Wärmesenken (E-Wärmesenken; "E" steht für "Emitter") 303 als erste leitfähige Bauteile über ein Lot 304 als erstes Verbindungsbauteil mit elektrischer Leitfähigkeit angeheftet. In den E-Wärmesenken 303 ist eine Verbindungsfläche zwischen dem IGBT-Chip 301 und der E-Wärmesenke 303 annähernd gleich der Fläche der Emitterelektrode des IGBT-Chips 301. Infolgedessen kann die E-Wärmesenke 303 die Emitterelektrode in einem Bereich so groß wie möglich kontaktieren und ist daran gehindert, einen Umfangsbereich der Emitterelektrode zu kontaktieren.

Auf der Hauptoberfläche 301a des IGBT-Chips 301 besteht ein Bereich, beispielsweise ein Schutzring, der ein Problem verursachen kann, wenn er auf gleichem Potential mit der Emitterelektrode liegt. Wenn die Wärmesenke 303 diesen Bereich berührt, hätte dieser Bereich das gleiche Poten-

tial wie die Emitterelektrode über die Wärmesenke 303. Von daher wird der Kontaktbereich des IGBT 301 und der E-Wärmesenke 303 annähernd gleich dem Bereich der Emitterelektrode des IGBT-Chips 301 gemacht. Infolgedessen kann die E-Wärmesenke 303 an den IGBT-Chip 301 ohne irgendwelche Probleme angeheftet werden.

An die Rückenoberflächen 301b und 302b der Halbleiterchips 301 und 302 ist eine Hauptoberfläche 305a eines zweiten leitfähigen Bauteiles 305 über ein Lot 304 als zweites Verbindungsbauteil angeheftet (elektrisch verbunden). An die Hauptoberflächen 303a der Wärmesenken 303 gegenüber den Rückenoberflächen 303b wird eine Rückenoberfläche 306b eines dritten leitfähigen Bauteiles 306 über ein Lot 304 als drittes Verbindungsbauteil angeheftet (elektrisch verbunden).

Die E-Wärmesenken 303 und die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 können aus metallischen Bauteilen mit elektrischer Leitfähigkeit gemacht werden. In dieser Ausführungsform sind die E-Wärmesenken 303 aus Cu (Kupfer) und die zweiten und dritten Bauteile 305 und 306 sind aus einer Kupferlegierung. Die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 sind plattenförmig.

Die E-Wärmesenken 303 sind ebenfalls plattenförmige Bauteile, haben jedoch abgestufte Bereiche 303c, wie noch beschrieben wird.

Jede der E-Wärmesenken 303 ist so gebildet, daß sie in Richtung des dritten leitfähigen Bauteiles 306 über den Stufenabschnitt 303c vorsteht, und hat einen dünnen Abschnitt oder Bereich 303d an der Seite der Halbleiterchips 301 und 302. Der dünne Abschnitt 303d ist in Dickenrichtung des Halbleiterchips 301 ausgedünnt. Infolgedessen ist in jeder der E-Wärmesenken 303 der Verbindungsreich zwischen der E-Wärmesenke 303 und dem dritten leitfähigen Bauteil 306 geringer als zwischen der E-Wärmesenke 303 und dem Halbleiterchip 301 oder 302.

An den Oberflächenabschnitten der E-Wärmesenken 303, wo diese an den entsprechenden Halbleiterchips 301 und 302 und den dritten leitfähigen Bauteilen 306 angeheftet werden, erfolgt eine Oberflächenbehandlung, beispielsweise eine Plättierung mit Ni (Nickel), um die Benetzbarkeit mit dem Lot 304 zu verbessern. Die anderen äußeren Oberflächen der E-Wärmesenken 303 für einen Kontakt mit einem zu beschreibenden Abdichtbauteil werden oxidiert. Die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 sind an ihren gesamten äußeren Oberflächen mit Ni plattierte. In den zweiten und dritten leitfähigen Bauteilen 305 und 306 und den E-Wärmesenken 303 beträgt die Dicke im dicksten Bereich ungefähr 1 mm und die Dicke im dünnen Bereich ungefähr 0,4 mm.

Ein Kontakt- oder Anschlußpunkt (nicht gezeigt) ist auf der Hauptoberfläche des IGBT-Chips 301 ausgebildet und mit einem Steueranschluß 307 eines Leiterrahmens über einen Bondierungsdräht 308 elektrisch in Verbindung. Sodann werden die Halbleiterchips 301 und 302, die E-Wärmesenken 303, die Hauptoberfläche 305a des zweiten leitfähigen Bauteils 305, die Rückenoberfläche 306b des dritten leitfähigen Bauteils 306 und ein Teil des Steueranschlusses 307 einstückig mit Harz oder Kunststoff 309 als Versiegelungsbauteil eingegossen. Als Harz 309 kann beispielsweise ein Gießharz auf Epoxybasis verwendet werden. Infolgedessen sind die Bauteile 301 bis 308 einstückig oder im Block eingegossen, wobei die Rückenoberfläche 305b des zweiten leitfähigen Bauteils 305, die Hauptoberfläche 306a des dritten leitfähigen Bauteils 306 und ein Teil des Steueranschlusses 307 aus dem Kunstharz 309 herausragen.

Auf diese Weise wird die Halbleitervorrichtung in dieser Ausführungsform hergestellt. In dieser Halbleitervorrichtung wird von Halbleiterchips 301 und 302 erzeugte Wärme

in E-Wärmesenken 303 übertragen und dann über das Lot 304 an die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 und dann von der Rückenoberfläche 305b des zweiten leitfähigen Bauteiles 305 und der Hauptoberfläche 306a des dritten leitfähigen Bauteiles 306 abgestrahlt.

Wenn Kühlbauteile (Kühlrippen oder dergleichen) vorhanden sind, um an der Rückenoberfläche 305b des zweiten leitfähigen Bauteiles 305 und der Hauptoberfläche 306a des dritten leitfähigen Bauteiles 306 anzuliegen, kann die Wärmeabstrahlung noch weiter erleichtert oder verbessert werden. Hierbei bilden die E-Wärmesenken 303 und die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 elektrische Pfade für die jeweiligen Halbleiterchips 301 und 302. Genauer gesagt, die elektrische Verbindung mit der Kollektorelektrode des IGBT-Chips 301 erfolgt über das zweite leitfähige Bauteil 305, während die elektrische Verbindung mit der Emittorelektrode des IGBT-Chips 301 über das dritte leitfähige Bauteil 306 und die E-Wärmesenke 303 erfolgt.

Wie oben erläutert, hat in dieser Ausführungsform jede der E-Wärmesenken 303, welche an den Oberflächen 301a und 302a der Halbleiterchips 301 und 302 angeheftet ist, den abgestuften Abschnitt 303c und infolgedessen den dünnen Abschnitt 303d. Da der dünne Abschnitt 303d einer geringen Steifigkeit hat, kann der dünne Abschnitt 303d einer Verformung des Kunstharzes 309, von welchem er umgeben ist, folgen und thermische Belastungen aufnehmen, wenn die Halbleitervorrichtung Temperaturschwankungen unterworfen wird. Eine Belastungskonzentration an dem Lot 304, welches die Halbleiterchips 301 und 302 und die E-Wärmesenken 303 miteinander verbindet, kann somit aufgefangen oder verteilt werden.

Allgemein gesagt, je kleiner die Lötfläche eines Lotes ist, umso kleiner wird die Verbindungsfestigkeit des Lotes. Von daher ist jeder der E-Wärmesenken 303 der Verbindungsbereich mit dem dritten leitfähigen Bauteil 306 kleiner gemacht als derjenige mit dem Halbleiterchip 301 oder 302. Infolgedessen werden Risse wahrscheinlich im Lot 304 erzeugt, welches die E-Wärmesenke 303 und das dritte leitfähige Bauteil 306 verbindet.

Dies hat zur Folge, daß, wenn thermische Belastungen anwachsen, Risse zunächst in dem Lot 304 erzeugt werden, welches die E-Wärmesenke 303 und das dritte leitfähige Bauteil 306 verbindet, so daß die thermischen Belastungen aufgefangen oder abgeschwächt werden, und somit lassen sich thermische Belastungen, welche auf das Lot 304 einwirken, welche die E-Wärmesenke 303 und den Halbleiterchip 301 oder 302 verbinden, verringern.

Selbst wenn somit Risse im Lot 304 erzeugt werden, welches die E-Wärmesenke 303 und das dritte leitfähige Bauteil 306 verbindet, gleichen sich diejenigen Verformungen, welche durch Temperaturschwankungen verursacht werden, aneinander an, daß sowohl die E-Wärmesenke 303 als auch das dritte leitfähige Bauteil 306 als Hauptkomponente Kupfer enthalten, und Risse pflanzen sich in dem Lot 304 nicht wesentlich fort. Selbst wenn sich die Risse fortpflanzen, treten keine wesentlichen Probleme auf, da der Strompfad durch die gesamte Verbindungsfläche zwischen der E-Wärmesenke 303 und dem dritten leitfähigen Bauteil 306 gebildet ist.

Da weiterhin die Oberflächenabschnitte der E-Wärmesenke 303 für einen Kontakt mit dem Harz 309 oxidiert hat, kann die Anhaftung mit dem Harz 309 verbessert werden. Im Ergebnis gleichen sich die Verformung des Harzes 309 aufgrund thermischer Belastungen und die Verformung der E-Wärmesenke 303 aneinander an, und Belastungskonzentrationen im Lot 304 zwischen der E-Wärmesenke 303 und dem Halbleiterchip 301 oder 302 lassen sich auffangen oder abschwächen. Durch Plattieren der Kupferlegierung mit

Nickel kann die Anhaftung zwischen der Kupferlegierung und dem Harz 309 verbessert werden. Somit werden die Oberflächen der zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 mit Nickel plattiert und nicht oxidiert.

5 Thermische Belastungskonzentrationen auf das Lot 304, welches die Halbleiterchips 301 und 302 und die E-Wärmesenken 303 verbindet, können unterdrückt werden, so daß Risse daran gehindert werden können, dieses Lot 304 zu erreichen. Auch wenn mehrere Zellen in der Hauptoberfläche 10 (Elementausbildungsoberfläche) 301a des IGBT-Chips 301 gebildet werden, wird eine Stromkonzentration auf einer Zelle im Mittelpunkt vermieden und Bruch der Zelle wird verhindert.

Da weiterhin jede der E-Wärmesenken 303 den Stufenabschnitt 303c hat, wird im Vergleich zu einem Fall einer prismenförmigen Wärmesenke ohne Stufe eine Kriechdistanz von der Schnittstelle zwischen dem dritten leitfähigen Bauteil 306 und dem Harz 309 zum Verbindungsabschnitt zwischen dem Halbleiterchip 301 oder 302 und der E-Wärmesenke 303 lang. Aufgrund hiervon kann vermieden oder unterbunden werden, daß Risse an der Schnittstelle zwischen dem dritten leitfähigen Bauteil 306 und dem Harz 309 den Verbindungsreich zwischen dem Halbleiterchip und der E-Wärmesenke 303 erreichen.

15 20 Was die Halbleitervorrichtung gemäß der beschriebenen Ausführungsform betrifft, so wurde ein thermischer Schockzyklustest durchgeführt, bei dem die Halbleitervorrichtung Umgebungen von -40°C und 125°C jeweils für 60 Minuten ausgesetzt wurde, ein Widerstand zwischen dem dritten leitfähigen Bauteil 306 und dem Steueranschluß 307 gemessen wurde und eine Änderungsrate des Widerstandes unter Verwendung eines Ausgangswertes als Referenz berechnet wurde. Es bestätigte sich, daß die Änderungsrate im Widerstandswert sich auch bei 200 Zyklen nicht wesentlich erhöht hatte. Es wurde weiterhin bestätigt, daß die Änderungsrate im Widerstandswert der Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform im Vergleich zu einem Fall genug war, in welchem die Wärmesenke keinen Stufenabschnitt hatte.

25 30 Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung der Halbleitervorrichtung der beschriebenen Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Fig. 20A bis 20C beschrieben. Zunächst werden die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 aus Platten einer Kupferlegierung oder dergleichen beispielsweise durch Stanzen gefertigt. Danach werden die gesamten äußeren Oberflächen der zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 mit Nickel plattiert.

35 40 45 Sodann werden Kupferplatten zur Bildung der E-Wärmesenken 303 vorbereitet. Sowohl an der Hauptoberfläche als auch den Rückenoberflächen einer jeden Kupferplatte wird eine Nickelplattierung durchgeführt. Sodann werden Kupferbauteile mit einer Größe entsprechend den E-Wärmesenken 303 aus den mit Nickel plattierten Kupferplatten durch Stanzen oder dergleichen gebildet. Sodann wird jedes der Kupferbauteile einem Preßvorgang unterworfen, um den Stufenabschnitt 303c zu erhalten. Hiernach sind die E-Wärmesenken 303 fertig. Jede dieser E-Wärmesenken 303 hat Abschnitte, welche mit Nickel plattiert sind, um eine Anhaftung an dem Halbleiterchip 301 oder 302 und an das dritte leitfähige Bauteil 306 zu haben, und Abschnitte, welche durch das Stanzen freigelegt wurden und nicht mit Nickel plattiert sind. An den freiliegenden Abschnitten wird die Plattierung durch den Preßvorgang wieder abgelöst.

50 55 Wie in Fig. 20A gezeigt, werden die Halbleiterchips 301 und 302 an die Hauptoberfläche 305a des zweiten leitfähigen Bauteiles 305 über das Lot 304 angeheftet. Sodann werden die E-Wärmesenken 303 an die entsprechenden Halbleiterchips 301 und 302 über das Lot 304 angeheftet. Das Lot 60 65

60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 859

304, welches zum Anheften oder Verbinden der Halbleiterchips 301 und 302 und des zweiten leitfähigen Bauteiles 305 und der E-Wärmesenken 303 verwendet wird, hat einen relativ hohen Schmelzpunkt. Beispielsweise kann ein Lot bestehend aus 10 Gew.-% Sn (Zinn) und 90 Gew.-% Pb (Blei) mit einem Schmelzpunkt von 320°C (Hochtemperaturlot) als Lot 304 verwendet werden. Hiernach wird der Zustand gemäß Fig. 20A erreicht oder erhalten, der als Werkstück 310 bezeichnet wird.

Nachfolgend wird gemäß Fig. 20B das dritte leitfähige Bauteil 306 auf eine Lehre 311 gesetzt, wobei die Rückenoberfläche 306b nach oben weist, und das Lot 304 wird auf die gewünschten Bereiche der Rückenoberfläche 306b aufgebracht. Sodann wird das Werkstück 301 von Fig. 20A umgedreht und auf das dritte leitfähige Bauteil 306 gesetzt. Das Lot 304 zwischen dem dritten leitfähigen Bauteil 306 und den Halbleiterchips 301 und 302 hat einen Schmelzpunkt unter demjenigen des Hochtemperaturlots, welches oben beschrieben wurde. Beispielsweise kann das Lot Sn mit 90 Gew.-% oder mehr enthalten und einen Schmelzpunkt von 240°C haben. Dieses Lot wird nachfolgend als Niedertemperaturlot bezeichnet.

Weiterhin wird ein plattenförmiges Gewicht 312 auf der Rückenoberfläche 305b des zweiten leitförmigen Bauteiles 305 angeordnet. Hierbei hat die Lehre 311 einen Abstandshalter 313 bestimmter Höhe zum Festlegen des Abstandes zwischen den zweiten und dritten leitfähigen Bauteilen 305 und 306. Dieser Zustand ist in Fig. 20C gezeigt. In diesem Zustand wird die Anordnung in einen Heizofen gebracht und ein Reflow-Vorgang wird nur bis zur Temperatur des Niedertemperaturlots 304 durchgeführt. Im Ergebnis wird das Werkstück 310 durch das Gewicht 312 niedergedrückt und gemäß Fig. 20C wird das Niedertemperaturlot 304 gequetscht, so daß der Abstand zwischen der Rückenoberfläche 306b des dritten leitfähigen Bauteils 306 der Hauptoberfläche 305a des zweiten leitfähigen Bauteiles 305 der Höhe des Abstandshalters 313 entspricht. Hierdurch kann der Grad der Parallelität zwischen den zweiten und dritten leitfähigen Bauteilen 305 und 306 eingestellt werden.

Weiterhin sind die E-Wärmesenken 303 mit den jeweiligen Halbleiterchips 301 und 302 in einem Zustand verbunden, in welchem die E-Wärmesenke 303 nur die Emitterelektrode auf dem IGBT-Chip 301 durch das Hochtemperaturlot 304 kontaktiert, und sind mit dem dritten leitfähigen Bauteil 306 über das Niedertemperaturlot 304 in Verbindung. Wenn daher die Wärmesenken 303 mit dem dritten leitfähigen Bauteil 306 verbunden werden, schmilzt das Hochtemperaturlot 304 nicht und die Verbindungspositionen der E-Wärmesenken 303 mit den Halbleiterchips 301 und 302 können beibehalten werden. Wenn die Schmelzpunkte des Hochtemperaturlots 304 und des Niedertemperaturlots 304 auf jeweils 320°C bzw. 240°C gesetzt werden, beträgt die Reflow-Temperatur des Niedertemperaturlots 304 bevorzugt 250°C.

Danach werden, obgleich nicht gezeigt, der Steueranschluß 307 und der IGBT-Chip 301 miteinander über den Bondierungsdräht 308 elektrisch verbunden, und die Bauteile 301 bis 308 werden mit Kunststoff oder Harz 309 eingegossen, wie in Fig. 19 gezeigt. Dieses Eingießen in Kunstharz oder Kunststoff wird durch Einspritzen des Kunststoffes 309 mit einer Temperatur von ungefähr 180°C in die Räume durchgeführt, welche zwischen und um den Bauteilen 301 bis 308 vorliegen. Die Oberflächenabschnitte der E-Wärmesenken 303, welche aus Kupfer sind und nicht mit entweder den Halbleiterchips 301 und 302 oder dem dritten leitfähigen Bauteil 306 in Verbindung steht, werden oxidiert. Danach ist die Halbleitervorrichtung fertig.

Allgemein gesagt, wenn eine Nickelplattierung an der E-

Wärmesenke durchgeführt wird, wonach die E-Wärmesenke in eine Form gebracht wird, daß sie zwischen den Halbleiterchip und das dritte leitfähige Bauteil gebracht werden kann, wird die E-Wärmesenke in eine Plattierungsmaschine gebracht und die gesamte Fläche der äußeren Oberfläche der E-Wärmesenke wird plattiert. Von daher kann das auf der E-Wärmesenke angeordnete Lot leicht benetzen und sich in andere Bereiche ausdehnen, welche nicht die Verbindungsabschnitte mit dem Halbleiterchip und dem dritten leitfähigen Bauteil sind.

Zusätzlich beträgt die Dicke der E-Wärmesenke 303 wenig, d. h. ungefähr 1 mm, und das Niedertemperaturlot 304 und das Hochtemperaturlot 304 sind nahe beieinander angeordnet. Wenn die Nickelplattierung auf der gesamten äußeren Oberfläche der E-Wärmesenke 303 durchgeführt wird, ergibt sich ein Fall, bei dem das Niedertemperaturlot 304 und das Hochtemperaturlot 305 miteinander vermischen. Im Ergebnis könnte sich ein eutektisches Lot mit einem Schmelzpunkt weitaus niedriger als vom Niedertemperaturlot 304 bilden, welches bei einer Temperatur von beispielsweise 180° aufschmilzt, bei der die Bauteile 301 bis 308 mit dem Kunststoff 309 eingegossen werden.

Um dies zu vermeiden, wird in der beschriebenen Ausführungsform die Nickelplattierung nur an den Abschnitten 25 der E-Wärmesenke 303 durchgeführt, wo diese mit dem Halbleiterchip 301 oder 302 und dem dritten leitfähigen Bauteil 306 verbunden wird. Das Niedertemperaturlot 304 und das Hochtemperaturlot 304 sind mit der oxidierten Oberfläche von Kupfer dazwischen angeordnet. Da die Benetzbarekeit der oxidierten Oberfläche von Kupfer mit dem Lot 304 niedrig ist, verlaufen das Hochtemperaturlot 304 und das Niedertemperaturlot 304 nicht in andere Bereiche als die Verbindungs bereiche und vermischen sich nicht miteinander. Obgleich Lot als Verbindungsbauteil (erste bis 30 dritte Verbindungsbauteile) in dieser Ausführungsform verwendet wird, kann auch alternativ eine Silberpaste oder der gleichen verwendet werden. Die Verbindungsbauteile müssen auch nicht immer zueinander identisches Material haben.

40

#### Vierzehnte Ausführungsform

Fig. 21 zeigt eine Halbleitervorrichtung einer vierzehnten bevorzugten Ausführungsform. Die vierzehnte Ausführungsform unterscheidet sich von der dreizehnten Ausführungsform in der Form des dritten leitfähigen Bauteils 306. Nachfolgend werden zur dreizehnten Ausführungsform unterschiedliche Abschnitte näher erläutert. In Fig. 21 haben gleiche Teile wie in Fig. 19 gleiche Bezeichnungen und eine nochmalige detaillierte Erläuterung erfolgt nicht.

Gemäß Fig. 21 ist ein Stufenabschnitt 306c an der Hauptoberfläche 306a des dritten leitfähigen Bauteils 306 ausgebildet. Dieser Stufenabschnitt 306c wird mit dem Harz 309 zur Versiegelung abgedeckt. Somit können Kriechabstände 55 von der Schnittstelle zwischen dem Harz 309 und dem dritten leitfähigen Bauteil 306 zu den Verbindungsabschnitten der E-Wärmesenken 303 mit den Halbleiterchips 301 und 302 zur Oberfläche der Halbleitervorrichtung weiter im Vergleich zu der weiter oben genannten Ausführungsform erhöht werden. Im Ergebnis werden Risse noch stärker daran gehindert, sich in dem Lot 304 auszubilden, welches die Halbleiterchips 301 und 302 und die E-Wärmesenken 303 verbindet.

Die Kriechabstände können noch weiter erhöht werden, 60 wenn der mit Harz 309 auf der Oberfläche 306a des dritten leitfähigen Bauteils 306 bedeckte Bereich vergrößert wird. Der vergrößerte Bereich des dritten leitfähigen Bauteils 306 verschlechtert jedoch die Abstrahlungseigenschaften.

Von daher sollte das dritte leitfähige Bauteil 306 mit dem Harz 309 bis zu einem Grad bedeckt sein, der die Abstrahlungseigenschaften nicht verschlechtert.

#### Fünfzehnte Ausführungsform

Fig. 22 zeigt eine Halbleitervorrichtung einer fünfzehnten bevorzugten Ausführungsform. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der dreizehnten Ausführungsform dahingehend, daß leitfähige Bauteile zwischen die entsprechenden Halbleiterchips 301 und 302 und das zweite leitfähige Bauteil 305 gesetzt sind. Nachfolgend werden Teile beschrieben, welche unterschiedlich zur dreizehnten Ausführungsform sind. In Fig. 22 haben gleiche Teile wie in Fig. 19 gleiche Bezeichnungen.

Genäß Fig. 22 sind Kollektowärmesenken (C-Wärmesenken) 314 zwischen dem zweiten leitfähigen Bauteil 305 und den Halbleiterchips 301 und 302 auf den Seiten der Rückenoberflächen 301b und 302b der Halbleiterchips 301 und 302 angeordnet. Die C-Wärmesenken 314 haben Bereiche oder Flächen annähernd gleich der entsprechenden Halbleiterchips 301 und 302 in einer Richtung senkrecht zur Dickenrichtung der Halbleiterchips 301 und 302.

Genauer gesagt, Oberflächen (Hauptoberflächen) 314a der C-Wärmesenken 314 sind jeweils an den Rückenoberflächen 301b und 302b der Halbleiterchips 301 und 302 durch das Lot 304 angeheftet. Rückenoberflächen 314b der C-Wärmesenken 314 sind an die Hauptoberfläche 305a der zweiten leitfähigen Bauteile 305 über das Lot 304 angeheftet.

Das zweite leitfähige Bauteil 305 hat bezogen auf seine Dicke eine relativ große Fläche und hat daher die Möglichkeit, daß es sich biegt oder verformt. Wenn andererseits das Einspritzen des Kunstharzes 309 durchgeführt wird, werden die Rückenoberfläche 305b des zweiten leitfähigen Bauteils 305 und die Hauptoberfläche 306a des dritten leitfähigen Bauteils 306 mit relativ hohem Druck zusammengehalten, um ein Austreten des Harzes 309 zu verhindern. Wenn daher das zweite leitfähige Bauteil 305, welches die Halbleiterchips 301 und 302 hält, gebogen wird, kann der Druck, mit welchem die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 während des Eingießens zusammengehalten werden, auf mechanischem Wege Beschädigungen an den Halbleiterchips 301 und 302 bewirken.

Um dies zu vermeiden, sind in dieser Ausführungsform die C-Wärmesenken 314 an den Rückenoberflächen 301b und 302b der Halbleiterchips 301 und 302 angeordnet, und die C-Wärmesenken 315 sind in ihrer Größe kleiner gemacht als das zweite leitfähige Bauteil 305. Von daher kann eine Verbiegung unterdrückt werden und die Halbleiterchips 301 und 302 können sicher vor Schäden bewahrt werden. Somit kann diese Ausführungsform mechanische Beschädigungen an den Halbleiterchips 301 und 302 zusätzlich zu den Effekten und Wirkungsweisen erzielen, wie sie in der dreizehnten Ausführungsform realisiert sind. Nebenbei gesagt, in der in der vierzehnten Ausführungsform beschriebenen Anordnung, bei der das dritte leitfähige Bauteil 306 den abgestuften Abschnitt 306c hat, der mit dem Harz 309 bedeckt ist, können die C-Wärmesenken 314 ebenfalls verwendet werden.

In den beschriebenen dreizehnten bis fünfzehnten Ausführungsformen haben die E-Wärmesenken 303 die dünnen Abschnitte 303d auf Seiten der Halbleiterchips 301 und 302; wie jedoch beispielsweise in Fig. 23 gezeigt ist, können die Stufenabschnitte 303d auf Seiten des dritten leitfähigen Bauteils 306 vorgesehen werden. Auch mit diesem Aufbau kann verhindert werden, daß sich thermische Belastungen auf dem Lot 304 an den Verbindungsabschnitten zwischen den

Halbleiterchips 301 und 302 und den Wärmesenken 303 konzentrieren, was durch die geringe Steifigkeit der dünnen Abschnitte 303d möglich ist, welche die thermischen Belastungen aufnehmen können, was im Vergleich zu dem Fall 5 vorteilhaft ist, bei dem die E-Wärmesenken eine Prismenform haben.

In den oben beschriebenen dreizehnten bis fünfzehnten Ausführungsformen ist bei jeder der E-Wärmesenken 303 der Stufenabschnitt 303c an dem gesamten Abschnitt vorgesehen, der das Harz 309 kontaktiert; was das Lot 304 betrifft, welches die Halbleiterchips 301 und 302 und die E-Wärmesenken 303 verbindet, pflanzen sich jedoch Risse von der Umsangsseite des Harzes 309 in Richtung Mittelpunkt fort. Von daher kann der Stufenabschnitt 303c nur an 10 dem Abschnitt vorgesehen werden, der in Richtung des äußeren Umfangs des Harzes 309 weist. Hierbei bedeutet der Umfang des Harzes 309 den Umfang eines Abschnittes, der die zweiten und dritten leitfähigen Bauteile 305 und 306 umgibt, und entspricht in Fig. 19 einer Oberfläche annähernd parallel zur Dickenrichtung der Halbleiterchips 301 und 302.

#### Sechzehnte Ausführungsform

Fig. 24 zeigt eine Halbleitervorrichtung einer sechzehnten bevorzugten Ausführungsform. In dieser Ausführungsform werden ein IGBT 411 und eine FWD 412 (freewheel diode), von denen jedes aus einem Si-Substrat gefertigt ist, als Halbleiterchips verwendet. Auf einer Seite einer jeden Elementausbildungsoberfläche (ersten Oberfläche) 401a des IGBT 411 und der FWD 412 sind über ein Lot 431 Abstrahlungshauteile 421 und 422 der ersten und zweiten Seite befestigt. Ein drittes Abstrahlungsbauteil 423 ist über ein Lot 432 an einer gegenüberliegenden Seite der Chips 411 und 412 an den Abstrahlungsbauheiten 421 und 422 der ersten und zweiten Seite befestigt. Die ersten bis dritten Abstrahlungsbauheiten 421 bis 423 sind beispielsweise aus Kupfer gefertigt und bilden ein Abstrahlungsbauteil 420 der ersten Seite.

Das dritte Abstrahlungsbauteil 423 ist ein Platte mit einem vorstehenden Abschnitt 423b und hat einen im wesentlichen L-förmigen Querschnitt, wobei der vorstehende Abschnitt 423b der kurze Schenkel in Dickenrichtung ist. Die Abstrahlungsbauheiten 421 und 422 der ersten und zweiten

Seite sind an einem langen Schenkel der L-Form des dritten Abstrahlungsbauheiten 423 befestigt. Der vorstehende Abschnitt 423b hat einen vorderen Endabschnitt 423a, der im wesentlichen in einer Ebene mit zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 an einer gegenüberliegenden Seite der ersten Oberflächen 401a ist.

Als ein isolierendes Substrat hoher thermischer Leitfähigkeit ist ein DBC-Substrat 404 (Direct Bonding Copper) auf einer Seite der zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 aufgebracht. Das DBC-Substrat 404 besteht aus einem AlN-Substrat 405 (Aluminiumnitrid), dessen erste und zweite Oberflächen 405a und 405b mit Kupferfolien 451 bis 454 versehen sind. Die zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 sind jeweils mit einer ersten Kupferfolie 451 auf der ersten Oberfläche 405a des DBC-Substrates 404 über ein Lot 403 befestigt. Weiterhin ist der vordere Endabschnitt 423a des vorspringenden Abschnittes 423b des dritten Abstrahlungsbauheiten 423 über ein Lot 434 mit der zweiten Kupferfolie 452 des DBC-Substrates 404 in Verbindung.

Bezugnehmend auf Fig. 25, welche den mit der gestrichelten Linie in Fig. 24 umgebenen Teilbereich darstellt, wird nachfolgend der Elektroden- oder Verdrahtungsabschnitt des IGBT 411 erläutert. Wie in Fig. 25 gezeigt, ist

auf einem Substrat 100 des IGBT 411 auf seiten der ersten Oberfläche 401a ein Sperrmetall 111 (barrier metal) ausgebildet. Eine Emittorelektrode 112 und ein Kontaktpunkt 113 für eine Drahtbondierung sind weiterhin aus reinem Aluminium gebildet. Das Sperrmetall 111 besteht aus Ti (Titan) und TiN (Titanitrid), welche in dieser Reihenfolge auf dem Substrat 100 ausgebildet sind und eine Dicke von ungefähr 0,1 µm haben. Die Dicke der Elektrode 112 und 113 beträgt ungefähr 5 µm.

Weiterhin ist ein Metallfilm 114 auf der Emittorelektrode 112 ausgebildet, um mit dem Lot 431 ausreichend verbunden zu sein. Der Metallfilm 114 besteht aus Ti, Ni (Nickel) und Au (Gold), welche von der Seite der Emittorelektrode 112 her aufeinanderfolgend ausgebildet sind, und hat eine Gesamtdicke von ungefähr 0,6 µm. Auf diesen Metallfilm 114 wird, wie oben beschrieben, das Abstrahlungsbau teil 421 der ersten Seite über das Lot 431 befestigt. Hierbei beträgt die Dicke des Lotes 431 und des Abstrahlungsbau teiles 421 der ersten Seite ungefähr 0,1 mm bzw. ungefähr 1,5 mm.

Auf der Seite der zweiten Oberfläche 401b des Substrates 100 ist eine Kollektorelektrode 115 aus reinem Aluminium ohne Sperrmetall ausgebildet. Die Kollektorelektrode 115 hat beispielsweise eine Dicke von ungefähr 0,2 µm. Ein Metallfilm 116 wird dann auf der Kollektorelektrode 115 ähnlich zur Emittorelektrode 112 ausgebildet. Der Metallfilm 116 ist mit der ersten Kupferfolie 451 auf der ersten Oberfläche 405a des DBC-Substrates 404 über das Lot 433 in Verbindung. Der Elektrodenabschnitt der FWD 412 hat einen Aufbau im wesentlichen gleich dem des IGBT 411.

Wie weiterhin in den Fig. 24 und 25 gezeigt, ist das dritte Abstrahlungsbau teil 423 elektrisch mit einer Leitung 461 über einen Verbindungsanschluß 406a in Verbindung, um die Emittorelektrode 112 und die Leitung 461 (Emitteranschluß) als Außenanschluß elektrisch zu verbinden. Auf dem DBC-Substrat 404 ist ein Kontaktpunkt oder Kontaktkissen 453 gebildet und in Drahtbondverbindung mit dem Kontaktpunkt oder Kontaktkissen 113 auf der Oberfläche 401a des IGBT 411 über einen Draht 407. Das Kissen 453 des DBC-Substrates 404 ist weiterhin in Drahtbondverbindung mit einem Gateanschluß 408 über einen weiteren Draht 407. Als Drähte 407 werden Gold, Aluminium oder dergleichen verwendet, welche üblicherweise für Drahtbondierung verwendet werden können. Der Kontakt 453 des DBC-Substrates 404 ist dafür vorgesehen, einen Zwischen kontakt zwischen dem Punkt 113 und dem Gateanschluß 308 zu bilden.

Mit der Kupferfolie 454 auf der Rückenoberfläche 405 des DBC-Substrates 404 ist mittels eines Lotes 435 ein vier tes Abstrahlungsbau teil (Abstrahlungsbau teil der zweiten Seite) 424 in Verbindung. Das Abstrahlungsbau teil 420 der ersten Seite und das Abstrahlungsbau teil 424 der zweiten Seite sind somit mit dem dazwischenliegenden DBC-Substrat 404 miteinander in Verbindung, und elektrische Isolation und elektrische Leitfähigkeit der entsprechenden Abstrahlungsbau teile 420 und 424 kann entsprechend sichergestellt werden.

Die Bauteile gemäß obiger Beschreibung werden dann mit Kunstharz oder Kunststoff eingegossen, so daß das vierte Abstrahlungsbau teil 424 eine Abstrahlungssoberfläche 409 hat, die zu einer gegenüberliegenden Seite der Oberfläche freiliegt, wo sich das DBC-Substrat 404 befindet. Als Kunstharz 400 kann beispielsweise ein Gießharz auf Epoxybasis dienen.

Nachfolgend wird die elektrische Verbindung in jedem Teil der Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform näher unter Bezugnahme auf Fig. 26 beschrieben, welche die Halbleitervorrichtung in einer Richtung aus Pfeil XXVI in

Fig. 24 zeigt. Nebenbei gesagt, Fig. 24 zeigt einen Schnitt entlang Linie XXIV-XXIV in Fig. 26. Die Halbleitervorrichtung beinhaltet in dieser Ausführungsform zwei Paare von IGBTs 411 und FWDs 412.

5 Das Abstrahlungsbau teil 420 der ersten Seite (421 bis 423) ist mit einer Einpunkt-Strich-Linie in der Figur dargestellt und ist gemäß obiger Beschreibung in elektrischer Verbindung mit dem Emittoreanschluß 461 über den Verbindungsanschluß 406a. Die erste Kupferfolie 451 des DBC-Substrates 404 ist mit allen Elektroden auf den Oberflächen 401b dieser IGBTs 411 und FWDs 412 in Verbindung und hat einen vorstehenden Abschnitt 451a, der vorsteht, jedoch nicht in Kontakt mit der zweiten Kupferfolie 452 des DBC-Substrates 404 ist. Der vorstehende Abschnitt 451a ist elektrisch mit dem Kollektoranschluß 462 als Leitung über einen Verbindungsanschluß 406b in Verbindung.

10 In dieser Halbleitervorrichtung ist die Abstrahlungssoberfläche 409 mit einer Kühlrippe (nicht gezeigt) als Kühlbauteil (Radiator) durch eine Verschraubung oder dergleichen 20 in Verbindung. Infolgedessen wird von den ersten Oberflächen 401a der Chips 411 und 412 erzeugte Wärme über das Abstrahlungsbau teil 420 der ersten Seite, das DBC-Substrat 404 und das Abstrahlungsbau teil 424 der zweiten Seite von der Abstrahlungssoberfläche 409 abgegeben. Somit ist die 25 Abstrahlungsrichtung von den ersten Oberflächen 401a der Chips 411 und 412 entsprechend der Richtung, welche sich von den ersten Oberflächen 401a zu den zweiten Oberflächen 401b in den jeweiligen Chips 411 und 412 erstreckt (in Fig. 24 von oben nach unten).

30 Von den zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 erzeugte Wärme wird weiterhin ebenfalls von der Abstrahlungssoberfläche 409 über das DBC-Substrat 404 und das Abstrahlungsbau teil 424 der zweiten Seite abgegeben. In der Halbleitervorrichtung, in der die Chips angeordnet sind, erfolgt somit die Abstrahlung von Wärme von den beiden Oberflächen 401a und 401b der Chips 411 und 412 hauptsächlich durch die gleiche Abstrahlungssoberfläche 409.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung der Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform erläutert. 40 Zunächst werden gemäß obiger Beschreibung der IGBT 411 mit dem Sperrmetall 111, die Emittorelektrode 112, die Kollektorelektrode 115 und die metallischen Filme 114 und 116 etc. und die FWD 412 vorbereitet. Die Elektroden 112 und 115, das Sperrmetall 111, die metallischen Filme 114 und 45 116 etc. werden durch Sputtern oder dergleichen ausgebildet. Sodann werden die Abstrahlungsbau teile 421 und 422 der ersten und zweiten Seite mit den ersten Oberflächen 401a der Chips 411 und 412 verlötet.

Das DBC-Substrat 404 mit den ersten und zweiten Oberflächen 405a und 405b, auf welchen die zu musternden Kupferfolien 451 bis 454 sind, wird vorbereitet, und der IGBT 411 und die FWD 412 werden an bestimmten Abschnitten des DBC-Substrates 404 angelötet. Danach wird das dritte Abstrahlungsbau teil 423 nicht nur mit den Abstrahlungsbau teilen 421 und 422 der ersten und zweiten Seite verbunden, sondern auch mit dem DBC-Substrat 404. Wenn die 55 dritten Abstrahlungsbau teile 423 gelötet werden, verstärkt sich eine Dicke des Lotes am Verbindungsbereich mit dem DBC-Substrat 404 im Vergleich zu der Dicke an den Abstrahlungsbau teilen 421 und 422 der ersten und zweiten Seite und infolgedessen werden Schwankungen in der Lotdicke aufgenommen.

Der Lötvorgang selbst kann durch ein Reflow-Verfahren oder dergleichen durchgeführt werden. Wenn die Lotarten, 60 die bei diesem Verfahren verwendet werden, geändert werden, so daß die Schmelzpunkte der Lote in der Reihenfolge der Lötvorgänge abnehmen, kann das Löten zuverlässig durchgeführt werden, ohne daß das Lot oder die Lote beein-

flüsst werden, mit welchen zunächst gearbeitet wurde. Dann werden der Emitteranschluß 461 und der Kollektoranschluß 462 mit dem dritten Abstrahlungsbauteil 423 verbunden, und der IGBT 411 und der Gateanschluß 408 werden über eine Drahtbondierung verbunden. Nachfolgend wird das vierte Abstrahlungsbauteil 424 auf das DBC-Substrat 404 gelötet und schließlich wird ein Kunstharzeinbettungsvor-  
gang durchgeführt.

Da bei der beschriebenen Ausführungsform der Elastizitätsmodul von reinem Aluminium gering ist, lassen sich thermische Belastungen aufgrund von Unterschieden zwischen den Chips 411 und 412 und den Abstrahlungsbau-  
teilen 421 bis 424 abschwächen. Genauer gesagt, der Elastizitätsmodul von reinem Aluminium beträgt 72 GPa und ein Elastizitätsmodul von Aluminium mit einem Zusatz von 1% Silizium beträgt ungefähr 75 GPa. Wenn das Aluminium verwendet wird, welches Silizium enthält, kann das Silizium auskristallisieren. Da in einem derartigen Fall der Elastizitätsmodul von Silizium 130 GPa beträgt, ist die Fähigkeit für die Abschwächung thermischer Belastungen zwar nur örtlich begrenzt, jedoch erheblich verringert.

Um diesem Sachverhalt zu begegnen, ist in dieser Ausführungsform insbesondere aufgrund der Fertigung der Emitterelektrode 112 des IGBT 411 aus reinem Aluminium eine Belastungskonzentration auf der Emittorzelle verhindert und Schwankungen in den elektrischen Eigenschaften, beispielsweise  $V_t$ , lassen sich unterdrücken. Von daher kann der Chip und die Halbleitervorrichtung mit hoher elektrischer Zuverlässigkeit geschaffen werden. Da weiterhin die Elektroden auf den zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 aus reinem Aluminium gefertigt sind, wird verhindert, daß sich die Chips 411 und 412 aufgrund thermischer Belastungen verwerfen.

Da weiterhin in den Elektroden 112, 113 und 115 kein Si enthalten ist, läßt sich eine Ausscheidung oder Ablagerung von Si verhindern. Dies ist besonders wirkungsvoll für den Kontakt 113 für die Drahtbondierung, da Si-Ausbildungen oder -Kügelchen Risse in der Vorrichtung durch Vibrationen (Belastungen) verursachen können, welche beim Drahtbondieren erzeugt werden. Somit kann von außen aufgebrachte Belastung durch Ausbilden der Elektroden 112, 113 und 115 aus reinem Aluminium abgeschwächt werden.

Wenn jedoch das reine Aluminium in direkten Kontakt mit dem aus Si gefertigtem Substrat 100 gelangt, werden Spalten oder Kristalle der Legierung erzeugt. Von daher ist das Sperrmetall 111 zwischen den Elektroden 112 und 113 und dem Substrat 100 angeordnet und verhindert die Ausbildung derartiger Legierungsspitzen. Hierbei sei gesagt, daß das Sperrmetall nicht auf der äußeren Oberfläche 401b des IGBT 411 ausgebildet ist. Dies deshalb, als, selbst wenn Legierungsspitzen auf der anderen Oberfläche 401b erzeugt werden würden, dann diese Spitzen die Vorrichtung auf Seiten der Oberfläche 401a nicht erreichen könnten.

In der Halbleitervorrichtung, bei der ein Chip zwischen ein Paar von Abstrahlungsbau-  
teilen gesetzt ist, welche jeweils Abstrahlungsoberflächen haben, schließen Kühlbauteile die Halbleitervorrichtung ein, um die Abstrahlungs-  
oberflächen zu kontaktieren. Bei diesem Aufbau können sich jedoch Belastungen auf den Chip konzentrieren, die erzeugt werden, wenn die Kühlbauteile die Halbleitervorrichtung beidseitig einfassen.

Um diesem zu begegnen, ist bei dieser Ausführungsform die Abstrahlungsoberfläche 409 zur Abstrahlung von Wärme zur Außenseite der Halbleitervorrichtung an einer Seite (der Seite der zweiten Oberflächen 401b) der Chips 411 und 412 ausgebildet. Bei diesem Aufbau muß die Halbleitervorrichtung nicht beidseitig von den Kühlbauteilen zur Abstrahlung von Wärme eingefäßt werden. Selbst wenn da-

her die Abstrahlungsoberfläche 409 fest mit dem äußeren Kühlbauteil verbunden wird, wirken keine starken Belastungen auf die Chips 411 und 412.

Insbesondere weil die Abstrahlungsoberfläche 409 auf der Seite der zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 angeordnet ist, wird verhindert, daß sich Belastungen auf den ersten Oberflächen 401a der Chips 411 und 412 konzentrieren, und Schwankungen oder Abweichungen in den elektrischen Betriebs-eigenschaften der Vorrichtung, welche auf der Seite der ersten Oberfläche vorhanden ist, lassen sich sicher verhindern.

Da weiterhin die beiden Oberflächen 401a und 401b der Chips 411 und 412 an die Abstrahlungsbau-  
teile 421, 422 und 424 angeheftet oder hieran befestigt sind, erfolgt die Wärmeabstrahlung von beiden Oberflächen 401a und 401b der Chips 411 und 412. Somit sind auch die Abstrahlungseigenschaften ausreichend.

Weiterhin ist die Abstrahlungsoberfläche 409 elektrisch von den Chips 411 und 412 durch das DBC-Substrat 404 isoliert, d. h. durch ein isolierendes Substrat, welches innerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist. Von daher besteht keine Notwendigkeit, eine elektrische Isolation zu berücksichtigen, wenn die Abstrahlungsoberfläche 409 an das außenliegende Kühlbauteil gehaftet wird. Auch kann das eine isolierende Substrat 404 elektrische Isolation sowohl der ersten als auch der zweiten Oberflächen 401a und 401b der Chips sicherstellen.

Obgleich in dieser Ausführungsform die Abstrahlungs-  
oberfläche 409 auf Seiten der zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 vorgesehen ist, kann auch der andere Ab-  
schnitt die Wärmeabstrahlung oder Wärmeabfuhr unterstützen. Beispielsweise kann das dritte Abstrahlungsbau-  
teil 423 teilweise aus dem Kunstharz 400 herausragen, um die Abstrahlung von Wärme zu unterstützen. Die Elektrode 115, die auf den zweiten Oberflächen 401b der Chips 411 und 412 ausgebildet ist, muß nicht aus reinem Aluminium sein, um die Vorrichtungen der Chips 411 und 412 zu schützen. Die ersten bis dritten Abstrahlungsbau-  
teile 421 bis 423 sind separate Bauteile und sind quasi einstückig angeheftet oder verbunden, um das Abstrahlungsbau-  
teil 420 der ersten Seite zu bilden, was durch einen Lötvorgang erfolgt; sie können jedoch auch insgesamt einstückig, d. h. aus einem Teil, geformt sein.

Die Elektroden für die FWD 412 müssen nicht aus reinem Aluminium gefertigt sein, wenn es keine Probleme hinsichtlich thermischer Belastungen oder dergleichen gibt. Wenn das Abstrahlungsbau-  
teil 420 der ersten Seite nicht elektrisch von dem Abstrahlungsbau-  
teil 424 der zweiten Seite isoliert sein muß, kann das DBC-Substrat 404 aus AlN weggelassen werden. Das DBC-Substrat 404 kann auf das Kissen 453 verzichten, wenn das Kissen 113 des IGBT 411 direkt mit dem Gateanschluß 408 drahtbondiert werden kann.

#### Siebzehnte Ausführungsform

Eine Halbleitervorrichtung gemäß einer siebzehnten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist in den Fig. 27, 28A und 28B gezeigt. Wie in diesen Figuren gezeigt, sind in dieser Ausführungsform Abstrahlungsbau-  
teile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite mit zwei Si-Chips 501a und 501b in Bondierverbindung, welche in einer Ebene angeordnet sind, was über ein Bondierbauteil 502 erfolgt, welches thermische Leitfähigkeit hat, um die Chips 501a und 501b einzuschließen.

Das Abstrahlungsbau-  
teil 503 der ersten Seite ist mit den Oberflächen (ersten Oberflächen) 505a der Si-Chips 501a und 501b in Verbindung, an welchen die Drahtbondierung erfolgt, und das Abstrahlungsbau-  
teil 504 der zweiten Seite

ist mit den anderen Oberflächen (zweiten Oberflächen) 505b der Si-Chips 501a und 501b an der gegenüberliegenden Seite der Oberflächen 505a in Verbindung. In Fig. 27 sind Abschnitte des Abstrahlungsbaukörpers 504 der zweiten Seite, welche mit anderen Bauteilen überlappen, durch eine Zweipunkt-Strich-Linie dargestellt, und Abschnitte der Si-Chips 501a und 501b, welche andere Bauteile überlappen, sind mit strichpunktiierten Linien dargestellt.

In dieser Ausführungsform ist der in Fig. 27 drahtbondierte Si-Chips ein IGBT-Chip 501a und der andere Si-Chip ist ein FWD-Chip 501b. Im IGBT-Chip 501a dient das Abstrahlungsbaukörperteil 503 der ersten Seite als Emitteranschluß und das Abstrahlungsbaukörperteil 504 der zweiten Seite dient als Kollektoranschluß. Auf der Oberfläche des IGBT-Chips 501a, der in Richtung des Abstrahlungsbaukörperteils 503 der ersten Seite weist, ist eine Steuerelektrode (nicht gezeigt) zum Empfang oder zum Weitergeben elektrischer Signale von oder zu der Außenseite ausgebildet und mit einer inneren Leitung 510 in Drahtbondierverbindung.

Ein Äquivalentschaltkreis des IGBT-Chips 501a ist beispielsweise in Fig. 29 dargestellt und besteht im wesentlichen aus einem Kollektor C, einem Emitter E, einem Gate G, einem Stromerkennungsanschluß Is, einer Anode A, welche ein Diodenanschluß für Thermoempfindlichkeit ist, und einer Kathode K.

Wie in den Fig. 27, 28A und 28B gezeigt, ist die Flächenform des Abstrahlungsbaukörperteils 503 der ersten Seite im wesentlichen ein Rechteck und hat Streifenabschnitte 503a und 503b, welche sich jeweils von gegenüberliegenden Ecken des Rechtecks in entgegengesetzte Richtungen aufeinander zu erstrecken. Das Abstrahlungsbaukörperteil 503 der ersten Seite hat konvexe Abschnitte (vorstehende Abschnitte) 506, welche jeweils in Dickenrichtung hiervon vorstehen, um Hauptelektroden auf den Si-Chips 501a und 501b auf seitens der Oberflächen 505a gegenüberzuliegen. Die vorderen Enden der konvexen Abschnitte 506 sind in einer Höhenlage flach, welche den Bondiervorgang der Si-Chips 501a und 501b nicht stört, und die Formen der flachen Vorderenden entsprechen den ebenen Formen der Hauptelektroden auf den Si-Chips 501a und 501b.

Auf der Oberfläche des Abstrahlungsbaukörperteils 503 der ersten Seite, welche in Richtung der Si-Chips 501a und 501b weist, sind vorstehende Abschnitte 507a an drei Stellen angeordnet, welche auf den Streifenabschnitten 503a und 503b und auf einer Innenseite einer Seite liegen, welche parallel zu den Richtungen ist, in welche die Streifenabschnitte 503a und 503b verlaufen. Die vorstehenden Abschnitte 507a stehen in Richtung der Seite der Si-Chips 501a und 501b vor.

Das Abstrahlungsbaukörperteil 504 der zweiten Seite ist annähernd gleich dem Abstrahlungsbaukörperteil 503 der ersten Seite, hat jedoch zwei Streifenabschnitte 504a, welche an unterschiedlichen Stellen gegenüber den Streifenabschnitten 503a des Abstrahlungsbaukörperteils 503 der ersten Seite liegen. In Dickenrichtung sind konkav Abschnitte 508 angeordnet, welche paßgenau die Si-Chips 501a und 501b aufnehmen. Die Tiefen der konkaven Abschnitte 508 betragen ungefähr 0,1 bis 0,3 mm.

Weiterhin hat die Oberfläche des Abstrahlungsbaukörperteils 504 der zweiten Seite, welche in Richtung der Si-Chips 501a und 501b weist, vorstehende Abschnitte 507b, welche in Richtung der Seite der Si-Chips 501a und 501b vorstehen und an drei Stellen liegen, welche bei den Streifenabschnitten 504a und 504b und an einer Innenseite einer Seite parallel zu der Richtung liegen, in der sich die Streifenabschnitte 504a und 504b erstrecken. Die vorstehenden Abschnitte 507b des Abstrahlungsbaukörperteils 504 der zweiten Seite sind so angeordnet, daß sie die vorstehenden Abschnitte 507a des Abstrahlungsbaukörperteils 503 der ersten Seite nicht überlap-

pen, wenn sie von oben her betrachtet werden, wie in Fig. 27 gezeigt.

Die Abstrahlungsbaukörperteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite sind beispielsweise aus Cu (Kupfer) gefertigt.

5 Die Bondierungs- oder Verbindungsbauteile 502 sind aus einem Material mit hoher thermischer Leitfähigkeit, beispielsweise einem Lot, einem Hartlot oder dergleichen. Die Oberflächen 505b der Si-Chips 501a und 501b sind in die vertieften Abschnitte 508 eingesetzt und über die Verbindungsbauteile 502 mit dem Abstrahlungsbaukörperteil 504 der zweiten Seite in Verbindung. Die konkaven Abschnitte 506 des Abstrahlungsbaukörperteils 503 der ersten Seite sind mit den Hauptelektroden der Oberflächen 505a der Si-Chips 501a und 501b in Verbindung.

15 Weiterhin steht die Steuerelektrode der Si-Chips 501a und 501b in elektrischer Verbindung mit dem inneren Leiter 510 eines Leiterrahmens 509, was über einen Draht 511 und eine Drahtbondierung erfolgt. In Fig. 27 sind Abschnitte des Leiterrahmens 509, welche andere Abschnitte überlappen, gestrichelt dargestellt. Wie später noch beschrieben, hat der Leiterrahmen 509 sechs Befestigungsabschnitte 509a und 509b, welche jeweils Bohrungen 512a und 512b zur Aufnahme der vorspringenden Abschnitte 507a und 507b der Abstrahlungsbaukörperteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite aufweisen. Hierbei kann Al (Aluminium), Au (Gold) etc. für den Draht 511 verwendet werden, und Cu, eine Cu-Legierung, eine 42-Legierung oder dergleichen können für den Leiterrahmen 509 verwendet werden.

20 Sodann werden gemäß Fig. 28B die vorstehenden Abschnitte 507b, welche am Abstrahlungsbaukörperteil 504 der zweiten Seite ausgebildet sind, in die Löcher oder Bohrungen 512b in den Befestigungsabschnitten 509b des Leiterrahmens 509 eingeführt und dann kaltverformt, z. B. gestaucht oder verstemmt. Weiterhin wird jeder der vorstehenden Abschnitte 507a, welche auf dem Abstrahlungsbaukörperteil 503 der ersten Seite ausgebildet sind, in jedes der Löcher oder Bohrungen 512a eingeführt, welche im Befestigungsabschnitt 509a ausgebildet sind, und gleichermaßen in einem Zustand kaltverformt, in welchem ein Abstandshalter 513 zwischen dem Abstrahlungsbaukörperteil 503 der ersten Seite und dem Leiterrahmen 509 eingesetzt ist.

25 Der Abstandshalter 513 ist ein säulenförmiges oder prismatisches Metallstück aus beispielsweise Kupfer und weist eine Bohrung auf, um es dem vorstehenden Abschnitt 507a zu ermöglichen, einzutreten. Der Abstandshalter 513 positioniert das Abstrahlungsbaukörperteil 503 der ersten Seite bezüglich der Si-Chips 501a und 501b in Dickenrichtung der Si-Chips 501a und 501b. Wenn der Abstandshalter 513 beispielweise prismatisch geformt ist, hat er einen quadratischen Querschnitt mit einer Seitenlänge von 2 mm und einer Dicke von ungefähr 0,6 mm.

30 Wie weiterhin in den Fig. 27, 28A und 28B gezeigt, sind die Si-Chips 501a und 501b und die Abstrahlungsbaukörperteile 503 und 504, welche gemäß obiger Beschreibung miteinander verbunden sind, so mit Kunststoff oder Kunstharz 514 eingebettet oder eingegossen, daß jede Oberfläche der Abstrahlungsbaukörperteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite an den gegenüberliegenden Oberflächen, welche in Richtung der Si-Chips 501a und 501b weisen, aus dem Kunstharz 514 vorragen oder von diesem nicht bedeckt sind. In Fig. 27 ist die Kontur des Kunstharzes 514 mit einer gestrichelten Linie angedeutet. An den Streifenabschnitten 503a, 503b, 504a und 504b der Abstrahlungsbaukörperteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite stehen die Streifenabschnitte 503a und 504b, welche sich in eine Richtung entgegengesetzt zu der Seite erstrecken, wo der innere Leiter 510 angeschlossen ist, zur Außenseite des Kunstharzes 514 vor, und die nach außen vorstehenden Streifenabschnitte 503a und

504b dienen jeweils als äußere Elektroden der Si-Chips 501a und 501b.

Nachfolgend wird ein Verfahren zur Herstellung des Halbleitersubstrates beschrieben. Zunächst werden der Leiterrahmen 509 und die Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite gemäß den Fig. 27, 28A und 28B bereitgestellt oder vorbereitet. Der Leiterrahmen 509 wird beispielsweise durch einen Stanzvorgang in eine gewünschte Form gebracht.

Die Fig. 30A bis 30D zeigen schematisch ein Verfahren zur Herstellung der Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite. Gemäß Fig. 30A werden die Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite aus einem aufgewickelten Rohmaterial oder Bauteil 515 aus Kupfer oder dergleichen ausgeschnitten, wobei die konvexen Abschnitte 506 in dem Abstrahlungsbauteil 503 der ersten Seite und die konkaven Abschnitte 508 in dem Abstrahlungsbauteil 504 der zweiten Seite durch eine Preßbearbeitung unter Verwendung eines Stempels 516 und eines Gesenks 517 gebildet werden, wobei der Stempel 516 in eine Richtung I in Fig. 30A bewegt wird. Die Fig. 30B bis 30D zeigen den Ablauf zur Ausbildung der vorstehenden Abschnitte 507a und 507b. Wie in diesen Figuren gezeigt, wird eine Extrusions- oder Extrudierbearbeitung durchgeführt, um die vorstehenden Abschnitte 507a und 507b zu bilden, indem ein Stempel 518 und ein Gesenk 519 verwendet werden, welches in seiner Mitte eine Vertiefung aufweist, und indem der Stempel 518 in Richtung des Pfeiles H bewegt wird.

Nachfolgend werden die Si-Chips 501a und 501b mit dem Leiterrahmen 509 und den Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite, welche wie oben beschrieben hergestellt wurden, zusammengebaut. Fig. 31 zeigt schematisch die Ausbildung oder Anordnung der jeweiligen Bauteile 501a, 501b, 502 bis 504 und 509 während dieses Zusammenbauvorganges, von der Seite her betrachtet. Gemäß Fig. 31 werden die vorstehenden Abschnitte 507b des Abstrahlungsbaukörpers 504 der zweiten Seite in die Löcher 512b der Befestigungsabschnitte 509b des Leiterrahmens 509 eingeführt und wie oben erwähnt kaltverformt, d. h. zum Beispiel verstemmt, gestaucht, verkeilt etc. In die konkaven Abschnitte 508 werden die Si-Chips 501a und 501b paßgenau auf Seiten der Oberfläche 505b über Lotfolien 502 als Verhindungsbaukörpers eingesetzt.

Die Lotfolien oder Lötfolien 502 haben Formen entsprechend denjenigen der entsprechenden Hauptoberflächen, die auf den Oberflächen 505a der Si-Chips 501a und 501b liegen. Die Abstandshalter 513 werden entsprechend jeweils an die vorstehenden Abschnitte 507a des Abstrahlungsbaukörpers 503 der ersten Seite angebracht. Sodann werden die vorstehenden Abschnitte 507a in die Löcher oder Bohrungen 512a der Befestigungsabschnitte 509a des Leiterrahmens 509 eingeführt und dann kaltverformt. Die konvexen Abschnitte 506 des Abstrahlungsbaukörpers 503 der ersten Seite sind in Fig. 7 nicht gezeigt.

Der Befestigungsvorgang durch die Kaltverformung in diesem Zusammenbauvorgang wird nachfolgend noch genauer erläutert. Die Fig. 32A bis 32C zeigen schematisch den Befestigungsvorgang durch die Kaltverformung. Gemäß Fig. 32A und 32B wird nach Einsetzen der vorstehenden Abschnitte 507a und 507b der Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite in die Löcher 512a und 512b der Befestigungsabschnitte 509a und 509b des Leiterrahmens 509 jeweils der vorspringende Abschnitt 507a und 507b, der von der Bohrung 512a bzw. 512b vorsteht, durch Bewegen eines Stempels 520 in Richtung des Pfeiles I verformt. Somit werden gemäß Fig. 32C die Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite und der Leit-

terrahren 509 miteinander befestigt.

Nachfolgend werden die Si-Chips 501a und 501b, die Abstrahlungsbauten 503 und 504 und der Leiterrahmen 509 unter Lot-Reflow in einem Wasserstoffofen oder dergleichen miteinander verbunden, so daß die Bauteile 501a, 501b, 503 und 504 einstückig miteinander verbunden sind. Danach wird zwischen der Steuerelektrode auf der Oberfläche 505a des IGBT-Chips 501 und dem Leiterrahmen 509 eine Drahtbondierung durchgeführt, wonach dann ein Eingießen oder Einbetten durch Kunstharz oder Kunststoff 514 durchgeführt wird. Hierdurch erfolgt eine Isolation zwischen den Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite, und die Halbleitervorrichtung der beschriebenen Ausführungsform ist fertiggestellt.

15 Da bei der beschriebenen Ausführungsform die Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite jeweils an die beiden Oberflächen 505a und 505b der Si-Chips 501a und 501b über das Bondierungs- oder Befestigungsbaukörpers 502 befestigt sind, läßt sich die Abstrahlungseigenschaft verbessern. Weiterhin kann das Befestigungsbaukörpers 502 aus einem Klebstoff gefertigt werden, der hohe thermische Leitfähigkeit hat, beispielsweise aus einem Lot oder Hartlot. Auch dies verbessert die Abstrahlungseigenschaften.

20 Die Si-Chips 501a und 501b können mit dem Abstrahlungsbaukörpers 504 der zweiten Seite dadurch verbunden werden, daß sie in die vertieften Abschnitte 508 des Abstrahlungsbaukörpers 504 der zweiten Seite eingesetzt werden. Weiterhin können die Abstrahlungsbauten 503 und 504 der ersten und zweiten Seite mit dem Leiterrahmen 509 durch Einführen der vorspringenden Abschnitte 507a und 507b der Abstrahlungsbauten 503 und 504 in die Bohrungen 512a und 512b der Befestigungsabschnitte 509a und 509b des Leiterrahmens 509 und durch eine entsprechende Kaltverformung befestigt werden. Im Ergebnis lassen sich die Relativlagen dieser Bauteile in einer Richtung parallel zu den Oberflächen der Si-Chips 501a und 501b festlegen.

25 Weiterhin werden die vorspringenden Abschnitte 507a oder vorstehenden Abschnitte 507a des Abstrahlungsbaukörpers 503 der ersten Seite in die Löcher 512a der Befestigungsabschnitte 509a des Leiterrahmens 509 mit den Abstandshaltern 513 zwischen dem Abstrahlungsbaukörpers 503 der ersten Seite und dem Leiterrahmen 509 befestigt. Aufgrund hiervon kann das Abstrahlungsbaukörpers 503 der ersten Seite mit dem Leiterrahmen 509 verbunden werden, wobei ein Befestigungsabstand für die Si-Chips 501a und 501b bereitgestellt wird, wobei weiterhin eine Ausrichtung oder Positionierung in Dickenrichtung der Si-Chips 501a und 501b möglich ist. Infolgedessen können die Relativpositionen der entsprechenden Bauteile sowohl in Oberflächenrichtung als auch Dickenrichtung der Si-Chips 501a und 501b festgelegt werden. Die Halbleitervorrichtung kann mit verringerten Abweichungen in den Anordnungspositionen der entsprechenden Bauteile bereitgestellt werden.

30 35 Wenn ein Leistungselement, beispielsweise ein IGBT, als Halbleiterchip in der beschriebenen Ausführungsform verwendet wird, kann sich noch das nachfolgende Problem betreffend die Isolation ergeben. Fig. 33 zeigt ein Beispiel eines derartigen IGBTs.

40 45 Wie in Fig. 33 gezeigt, ist ein Leistungselement, beispielsweise ein IGBT, mit einem Schutzzring 521 und einem EQR 522 (Äquipotentialring) an einem Rand- oder Kantenbereich hiervon verschen, und der Schutzzring 521 und der EQR 522 sind so ausgebildet, daß sie annähernd das gleiche Potential wie die Kollektorelektrode 523 haben. Der Schutzzring 521 und der EQR 522 sind weiterhin auf der Oberfläche des Leistungselementes ausgebildet, auf der eine Emitterelektrode 524 ausgebildet ist. Mit anderen Worten, der

50 55 60 Wie in Fig. 33 gezeigt, ist ein Leistungselement, beispielsweise ein IGBT, mit einem Schutzzring 521 und einem EQR 522 (Äquipotentialring) an einem Rand- oder Kantenbereich hiervon verschen, und der Schutzzring 521 und der EQR 522 sind so ausgebildet, daß sie annähernd das gleiche Potential wie die Kollektorelektrode 523 haben. Der Schutzzring 521 und der EQR 522 sind weiterhin auf der Oberfläche des Leistungselementes ausgebildet, auf der eine Emitterelektrode 524 ausgebildet ist. Mit anderen Worten, der

Schutzring 521 und der EQR 522, welche auf gleichem Potential wie die Kollektorelektrode 523 sind, liegen im Nahbereich der Emittorelektrode 524 vor.

Im Falle des Leistungselementes, bei dem eine Potentialdifferenz zwischen der Emittorelektrode 524 und der Kollektorelektrode 523 beispielsweise ungefähr 600 V beträgt, wird die Potentialdifferenz zwischen dem Schutzring 621, dem EQR 522 und der Emittorelektrode 524 ebenfalls 600 V. Wenn daher ein Abstrahlungsbauteil 524 fehlerhafterweise von einer korrekten Position gegenüber der Seite des Schutzringes 521 und des EQR 522 verschoben angeordnet ist, wie durch den Pfeil J in Fig. 33 gezeigt, können der Schutzring 521 und der EQR 522 elektrisch mit der Emittorelektrode 524 über ein Verbindungsteil 526 in Verbindung gelangen, beispielsweise ein Lot, oder mit dem Abstrahlungsbauteil 525 direkt oder über eine Entladung. Selbst wenn der Schutzring 521 und der EQR 522 mit einem Schutzfilm 527 aus Polyimid oder dergleichen bedeckt sind, beträgt die Dicke dieses Films maximal etwa 1 bis 2  $\mu\text{m}$  und die Durchbruchsspannung von 600 V kann nicht sichergestellt werden.

Im Gegensatz hierzu sind in der Halbleitervorrichtung der vorliegenden Ausführungsform gemäß obiger Beschreibung in dem Zustand, in dem die Relativlagen der Si-Chips 501a und 501b, des Leiterrahmens 509 und der Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite festgelegt sind, die konvexen Abschnitte 506 des Abstrahlungsbauenteiles 503 der ersten Seite mit den Hauptelektronen auf den Oberflächen 505a der Si-Chips 501a und 501b in Verbindung. Aufgrund hiervon kann das Abstrahlungsbauteil 503 der ersten Seite in Kontakt mit nur den Hauptelektronen durch Steuerung der Formgebung der konvexen Abschnitte 506 gebracht werden. Dies kann auch das Problem betreffend die Isolation beseitigen, welches durch Abweichungen der Relativlage des Abstrahlungsbauenteiles 503 gegenüber den Si-Chips 501a und 501b bewirkt wird.

Die vorliegende Ausführung beschreibt das Beispiel, bei dem die Abstandhalter 513 eng oder fest an den vorstehenden Abschnitten 507a des Abstrahlungsbauenteiles 503 der ersten Seite angebracht sind; die vorstehenden Abschnitte 507a und 507b können jedoch auch in einem abgestuften Zustand an den entsprechenden Abstrahlungsbauenteilen 503 und 504 beispielsweise durch Bilden des Stempels 519 zur Durchführung der Bearbeitung der Fig. 32B und 32C derart, daß dieser einen abgestuften Abschnitt in seiner Vertiefung hat, gebildet werden. Somit können die Abstandhalter mit den vorstehenden oder vorspringenden Abschnitten zusammengefaßt werden.

Weiterhin sind die Abstandhalter 513 nicht darauf beschränkt, an den vorstehenden Abschnitten 507a des Abstrahlungsbauenteiles 503 der ersten Seite angebracht zu werden, sondern sie können auch an dem vorstehenden Abschnitt 507b des Abstrahlungsbauenteiles 504 der zweiten Seite angebracht werden, um die Relativlagen der Si-Chips 501a und 501b, der Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 und des Leiterrahmens 509 in Dickenrichtung der Si-Chips 501a und 501b festzulegen.

Wenn in der vorliegenden Ausführungsform die Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite jeweils mit dem Leiterrahmen 509 durch entsprechende Kaltverformung verbunden sind, lassen sich Schwankungen oder Abweichungen in den Anordnungspositionen der Halbleiterchips sicher vermeiden. Es kann jedoch nur eines der Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 durch eine Kaltverformung festgelegt werden, solange die Positions- oder Ausrichtungsgenauigkeit der Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 verbessert und Schwankungen oder Abweichungen in den Anordnungspositionen der Halbleiterchips unterdrückt oder

vermieden sind.

Jedes der Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 hat eine Oberfläche, welche nach außen hin freiliegt, und zwar auf einer gegenüberliegenden Seite der Chips 501a und 501b. 5 Diese freiliegende Oberfläche kann in Kontakt mit einem Kühlbauteil zur Beschleunigung der Wärmeabstrahlung gebracht werden. Die vorliegende Ausführungsform hat den IGBT-Chip 501a als Halbleiterchip exemplarisch verwendet und ist so aufgebaut, daß Abweichungen in den Anordnungspositionen des Halbleiterchips unterdrückt oder vermieden werden. Selbst wenn die Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 nicht als Elektroden verwendet werden, bewirkt der Aufbau der vorliegenden Ausführungsform, daß die Abstrahlungseigenschaften verbessert werden und daß Abweichungen in den Anordnungspositionen des Halbleiterchips vermieden sind.

Die Abstandhalter 513 sind an allen (in der vorliegenden Ausführungsform allen drei) vorstehenden Abschnitten 507a angebracht, die an dem Abstrahlungsbauteil 503 der ersten Seite ausgebildet sind; die Abstandhalter, welche nur an zwei Stellen angebracht sind, sind ausreichend, um die Relativlagen zwischen dem Abstrahlungsbauteil 503 der ersten Seite und den Si-Chips 501a und 501b in Dickenrichtung der Si-Chips 501a und 501b festzulegen. Die Verbindungs- oder Befestigungsbauenteile 502 sind nicht auf Lotfolien beschränkt, sondern können auch Lotpasten oder dergleichen sein. Die Halbleitervorrichtung muß nicht unbedingt zwei Halbleiterchips 501a und 501b haben, sondern auch nur einen.

#### Achtzehnte Ausführungsform

Wenn die Stromkapazität des IGBT-Chips 501a 100 A übersteigt, wächst die Chipgröße an und es ergibt sich der Fall, daß die Chipgröße auf 10 bis 16 mm anwächst. Wenn in so einem Fall die Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 aus Kupfer gefertigt sind, wird, da der lineare Ausdehnungskoeffizient von Kupfer 5- bis 6mal größer als derjenige von Silizium ist, welches den IGBT-Chip 501a hauptsächlich ausmacht, das das Verbindungsteil 502 bildende Lot während thermischer Schwankungen geschwächt. Dies kann zum Auftreten von Rissen, einem Anstieg in dem thermischen Widerstand und einer Verschlechterung der Wärmeabstrahlungseigenschaft führen.

Unter Berücksichtigung dieses Sachverhaltes wurde die achtzehnte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gemäß nachfolgendem Aufbau gemacht. In dieser Ausführungsform sind die Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite aus einem Material gemacht, welches unterschiedlich zu demjenigen der ersten Ausführungsform ist. Nachfolgend werden unterschiedliche Teile oder Abschnitte zur siebzehnten Ausführungsform beschrieben und gleiche Teile wie in der siebzehnten Ausführungsform sind mit gleichen Bezugssymbolen versehen.

Wie in Fig. 34 gezeigt, wird als Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite ein Metall mit einem linearen Ausdehnungskoeffizienten ähnlich demjenigen der Si-Chips 501a und 501b verwendet. Insbesondere werden im Ausführungsbeispiel Kaschierungsteile (CICs) verwendet, von denen jedes so aufgebaut ist, daß ein Bauteil (aus Invar) 528 durch Bauteile (Kupferbauteile) 529 beidseitig eingeschlossen ist. Der lineare Ausdehnungskoeffizient eines jeden CIC entspricht annähernd demjenigen von Si so nahe wie möglich, indem das Dickenverhältnis zwischen dem Invarbauteil 528 und dem Kupferbauteilen 529 sowie die Gesamtdicke entsprechend eingestellt wird. Die weiteren Einzelheiten und Merkmale, beispielsweise die Formgebungen der entsprechenden Bauteile, sind im wesentlichen

wie in der siebzehnten Ausführungsform.

Da bei der achtzehnten Ausführungsform der lineare Ausdehnungskoeffizient der Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 der ersten und zweiten Seite demjenigen der Si-Chips 501a und 501b angenähert ist, kann, selbst wenn die Größe der Si-Chips 501a und/oder 501b groß wird, eine thermische Belastung aufgrund von unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen den Si-Chips 501a und 501b und den Abstrahlungsbauenteilen 503 und 504 unterdrückt werden, und Belastungskonzentrationen im Bereich der Befestigungsbauenteile 502 lassen sich vermeiden. Dies verhindert eine Verschlechterung der Verbindungseigenschaften zwischen den Abstrahlungsbauenteilen 503 und 504 und den Si-Chips 501a und 501b. Infolgedessen lassen sich Verschlechterungen in der Abstrahlungseigenschaft und eine Verschlechterung der elektrischen Leitfähigkeit vermeiden, wenn die Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 als Elektroden verwendet werden.

Die gleichen Effekte wie oben beschrieben lassen sich erhalten, wenn anstelle von Invar Mo (Molybdän) verwendet wird. In den Abstrahlungsbauenteilen 503 und 504 müssen die von den Kupferbauteilen 529 beidseitig eingeschlossenen Bauteile 528 nicht gleichförmig Invar oder Molybdän sein, sondern können sich voneinander unterscheiden. Die Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 sind auch nicht auf kaschierte Bauteile beschränkt, sondern können andere Bauteile sein, beispielsweise aus einer Kupfer-Molybdän-Legierung mit einem linearen Ausdehnungskoeffizienten, der demjenigen von Silizium angenähert ist.

Die achtzehnte Ausführungsform zeigt ein Beispiel, bei welchem ein Metall mit einem linearen Ausdehnungskoeffizienten annähernd gleich demjenigen von Silizium für die Abstrahlungsbauenteile 503 und 504 verwendet wird, wobei konkret ein kaschiertes Bauteil, beispielsweise CIC, verwendet wird. Die thermischen Leitfähigkeiten von Invar und Molybdän sind jedoch gegenüber denjenigen von Kupfer schlechter und die Bauteile 528 aus Invar oder Molybdän verschletern die Abstrahlungseigenschaften in Dickenrichtung der Si-Chips 501a und 501b. Dieses Problem wird durch die nachfolgende modifizierte Ausführungsform beseitigt.

In dieser modifizierten Ausführungsform sind gemäß den Fig. 35A und 35B mehrere Invarbauteile 528 teilweise in das Kupferbauteil 529 eingelegt oder eingebettet. Fig. 35A zeigt eine Querschnittsdarstellung durch das Abstrahlungsbauteil 503 oder 504 in einer Richtung parallel zu der Schicht, in der diese die Invarbauteile 528 enthält, wohingegen Fig. 35B einen Querschnitt durch die Abstrahlungsbauenteile 503 oder 504 zeigt, in einer Richtung senkrecht zur Schicht, in der die Invarbauteile 528 enthalten sind.

Gemäß den Fig. 35A und 35B sind in dieser modifizierten Ausführungsform die Invarbauteile 528 an mehreren (beispielsweise vier) Positionen innerhalb des Kupferbauteiles 529 vorhanden. Infolgedessen haben die Abstrahlungsbauenteile 503 und/oder 504 Abschnitte, welche in Dickenrichtung gesehen nur aus dem Kupferbauteil 529 bestehen, so daß die thermische Leitfähigkeit in Dickenrichtung des Abstrahlbauteiles 503 bzw. 504 nicht verschlechtert ist. Somit kann ein Abstrahlungsbauteil, welches in seiner thermischen Ausdehnung an Silizium angenähert ist, mit einer ausreichenden Abstrahlungsleistung geschaffen werden. Obgleich in dieser modifizierten Ausführungsform die Invarbauteile 528 an vier Positionen innerhalb des Kupferbauteiles 529 vorhanden sind, lassen sich die Invarbauteile 528 auch beispielsweise in Form eines feinen Gitters oder Netzes ausbilden, wo viele kleine Invarbauteile vorhanden sind. Anstelle der Invarbauteile können auch solche aus Molybdän verwendet werden. Weiterhin lassen sich Invarbauteile

und Molybdänbauteile gleichzeitig verwenden.

Fig. 36 zeigt eine Halbleitervorrichtung einer weiteren modifizierten Ausführungsform. In den oben beschriebenen siebzehnten und achtzehnten Ausführungsformen ist die Steuerelektrode auf der Oberfläche 505a des IGBT-Chips 501a mit der inneren Leitung 510 über eine Drahtbondierung elektrisch verbunden; wie jedoch in Fig. 36 gezeigt, kann diese Verbindung auch durch ein tropfen- oder kissenförmiges Verbindungs- oder Bondierbauteil 530 aus einem Lot oder dergleichen erfolgen. Wenn somit zwischen den Abstrahlungsbauenteilen 503 und 504 und den Si-Chips 501a und 501b ein Lötvorgang durchgeführt wird, kann gleichzeitig die Verbindung zwischen dem inneren Leiter 510 und der Steuerelektrode ausgebildet werden. Dies führt zu einer Vereinfachung in der Herstellung.

Beschrieben wurde eine Halbleitervorrichtung, welche zwei Halbleiterchips aufweist, welche zwischen ein Paar von Abstrahlungsbauenteilen gesetzt sind und hierbei thermisch und elektrisch mit den Abstrahlungsbauenteilen in Verbindung stehen. Eines der Abstrahlungsbauenteile weist zwei vorstehende Abschnitte auf, wobei vordere Enden der vorstehenden Abschnitte mit den Hauptelektroden der Halbleiterchips in Verbindung sind. Die Abstrahlungsbauenteile sind aus einem metallischen Material, welches Kupfer oder Aluminium als Hauptkomponente enthält. Die Halbleiterchips und die Abstrahlungsbauenteile werden mit Kunststoff oder Kunstharz eingegossen, wobei nach außen hin freiliegende Abstrahlungsoberflächen verbleiben.

Die vorliegende Erfindung wurde unter Bezugnahme auf die voranstehenden Ausführungsformen und deren Modifikationen und Abwandlungen beschrieben und in der beigefügten Zeichnung beschrieben; dem Fachmann auf diesem Gebiet ergibt sich jedoch, daß Änderungen hinsichtlich Form und Details gemacht werden können, ohne vom Gegebenstand und Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er in den nachfolgenden Ansprüchen und deren Äquivalenten definiert ist.

#### Patentansprüche

1. Eine Halbleitervorrichtung mit:  
einem Halbleiterchip (1a, 1b);

ersten und zweiten Abstrahlungsteilen (2, 3), welche thermisch und elektrisch mit dem dazwischen liegenden Halbleiterchip verbunden sind und eine Abstrahlungsoberfläche (10) zur Abführung von Wärme von dem Halbleiterchip aufweisen; und  
ersten und zweiten Verbindungsbauteilen (4), welche jeweils zwischen das erste Abstrahlungsbauteil und den Halbleiterchip und zwischen den Halbleiterchip und das zweite Abstrahlungsbauteil gesetzt sind, wobei:

die ersten und zweiten Abstrahlungsbauenteile aus einem metallischen Material gefertigt sind, welches gegenüber Wolfram und Molybdän zumindest in der elektrischen Leitfähigkeit oder der thermischen Leitfähigkeit besser ist.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin mit einem isolierenden Film (20) auf einer Oberfläche eines der ersten und zweiten Abstrahlungsbauenteile auf einer Seite des Halbleiterchips in einem Bereich unterschiedlich von einem Bereich, wo das erste oder das zweite Abstrahlungsbauteil mit dem Halbleiterchip über das erste oder das zweite Verbindungsbauteil in Verbindung steht.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Halbleiterchip einen Schutzring (7) an einem Kantenbereich hiervon aufweist, wobei der Schutzring dem

isolierenden Film gegenüberliegt, der an dem ersten oder dem zweiten Abstrahlungsbauteil vorhanden ist; und wobei der isolierende Film eine Öffnung (19) aufweist, welche einem inneren Abschnitt des Halbleiterchips anders als der Kantenbereich gegenüberliegt, wo der Schutzring vorhanden ist.

4. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Abstrahlungsoberfläche aus ersten und zweiten Abstrahlungsoberflächen besteht, welche jeweils Seitenflächen der ersten und zweiten Abstrahlungsbauteile sind und miteinander in einer Ebene liegen.

5. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiterhin mit einem leitfähigen Bauteil, welches von einer Oberfläche des ersten oder zweiten Abstrahlungsbauteils anders als die Abstrahlungsoberfläche vorsteht, um den Halbleiterchip mit einer Außenseite zu verbinden.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5, wobei das leitfähige Bauteil erste und zweite leitfähige Bauteile hat, welche jeweils von ersten und zweiten Positionen der ersten und zweiten Abstrahlungsbauteile parallel zueinander vorstehen, wobei die ersten und zweiten Positionen annähernd identisch zueinander in einer Richtung senkrecht zur Abstrahlungsoberfläche sind.

7. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teile jeweils erste und zweite Abstrahlungsoberflächen haben, von denen jede an einer gegenüberliegenden Seite des Halbleiterchips angeordnet ist und zu einer Außenseite zur Abstrahlung von Wärme freiliegt.

8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 7, weiterhin mit einem äußeren Verdrahtungsbauteil (11), welches auf der ersten Abstrahlungsoberfläche angeordnet ist, wobei:

40 das erste Abstrahlungsbauteil eine Schraubenöffnung (23a) hat, welche sich zu der ersten Abstrahlungsoberfläche hin öffnet und einen geschlossenen Boden hat; das äußere Verdrahtungsbauteil eine Durchgangsbohrung (23b) an einer Stelle entsprechend der Schraubenöffnung hat; und eine Schraube in die Durchgangsöffnung und die Schraubenöffnung eingeführt ist, um das äußere Verdrahtungsbauteil mit dem ersten Abstrahlungsbauteil zu verbinden.

45 9. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei jedes der ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teile einen Freiraum (15) an einer Innenseite hiervon zur Verringerung der jeweiligen Steifigkeit aufweist.

50 10. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das metallische Material als Hauptkomponente Kupfer oder Aluminium enthält.

55 11. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Halbleiterchip und die ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teile mit einem Kunstharz (9) eingesiegelt sind, welches einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der annähernd gleich dem der ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teile ist.

60 12. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei jedes der ersten und zweiten Verbindungsbauteile aus einer Mehrzahl von Kissen besteht, welche zwischen sich eine Mehrzahl von Räumen ausbilden; und wobei die Mehrzahl von Räumen, welche um die Mehrzahl von Kissen herum vorgesehen sind, mit einem Kunstharz (18) gefüllt sind.

65 13. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei jedes der ersten und zweiten Abstrah-

lungsbau- teile einen metallischen Abschnitt (16) zu- mindest als Teil eines Abschnittes hiervon gegenüber dem Halbleiterchip hat, wobei der metallische Abschnitt einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der annähernd gleich demjenigen des Halbleiterchips ist.

14. Eine Halbleitervorrichtung, mit: ersten und zweiten Halbleiterchips (1a, 1b); und ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teilen (3, 4), welche über ein Verbindungsbauteil (4) thermisch und elektrisch mit den ersten und zweiten Halbleiterchips in Verbindung stehen, welche zwischen ihnen liegen und eine Abstrahlungsoberfläche (10) aufweisen zur Abstrahlung von Wärme von den ersten und zweiten Halbleiterchips, wobei:

das erste Abstrahlungsbau- teil erste und zweite vorstehende Abschnitte (2a) hat, welche in Richtung der ersten und zweiten Halbleiterchips vorstehen; und erste und zweite vordere Endabschnitte der ersten und zweiten vorstehenden Abschnitte thermisch und elektrisch mit den ersten und zweiten Halbleiterchips über die Verbindungsbauteile in Verbindung stehen.

15. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Abstrahlungsoberfläche aus ersten und zweiten Abstrahlungsoberflächen erster und zweiter Abstrahlungsbau- teile bestehen, wobei die ersten und zweiten Abstrahlungsoberflächen jeweils an einer gegenüberliegenden Seite der ersten und zweiten Halbleiterchips angeordnet und annähernd parallel zueinander sind.

16. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Abstrahlungsoberfläche aus ersten und zweiten Abstrahlungsoberflächen besteht, welche jeweils Seitenflächen der ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teile sind und miteinander in einer Ebene liegen.

17. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, weiterhin mit einem isolierenden Film (20) an dem ersten oder dem zweiten Abstrahlungsbau- teil an einer Seite, welche in Richtung der ersten und zweiten Halbleiterchips weist und an einem Abschnitt anders als den Abschnitten, welche mit den ersten und zweiten Halbleiterchips über das Verbindungsbauteil in Verbindung sind.

18. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, weiterhin mit einem leitfähigen Bauteil (17), welches von dem ersten oder dem zweiten Abstrahlungsbau- teil mit Ausnahme der Abstrahlungsoberfläche vorsteht, um zumindest den ersten oder den zweiten Halbleiterchip mit der Außenseite zu verbinden.

19. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 18, wobei das leitfähige Bauteil erste und zweite leitfähige Bau- teile hat, welche jeweils von ersten und zweiten Positionen der ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teile parallel zueinander vorstehen, wobei die ersten und zweiten Positionen annähernd identisch zueinander in einer Richtung senkrecht zur Abstrahlungsoberfläche sind.

20. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 19, weiterhin mit einem äußeren Verdrahtungsbauteil (11), welches auf der Abstrahlungsoberfläche angeordnet ist, die auf einer Oberfläche des ersten oder zweiten Abstrahlungsbau- teiles an einer gegenüberliegenden Seite der ersten und zweiten Halbleiterchips vorhanden ist, wobei:

das eine der ersten und zweiten Abstrahlungsbau- teile eine Schraubenöffnung (23a) hat, welche sich in der Abstrahlungsbau- fläche öffnet und einen geschlossenen Boden hat; das äußere Verdrahtungsbauteil eine Durchgangsöff-

nung (23b) in einer Position entsprechend der Schraubenöffnung hat; und eine Schraube in die Durchgangsöffnung und die Schraubenöffnung eingeführt ist, um das äußere Verdrahtungsbauteil mit dem ersten oder zweiten Abstrahlungsbauteil zu verbinden.

21. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 20, wobei jedes der ersten und zweiten Abstrahlungsbauteile einen Freiraum (15) an einer Innenseite hiervon zur Verringerung der jeweiligen Steifigkeit aufweist.

22. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 21, wobei wenigstens entweder das erste oder das zweite Abstrahlungsbauteil aus einem metallischen Material ist, welches als Hauptkomponente Kupfer oder Aluminium enthält.

23. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 22, wobei die ersten und zweiten Halbleiterchips und die ersten und zweiten Abstrahlungsbauteile mit einem Kunstharz (9) eingesiegelt sind, welches einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der annähernd gleich demjenigen der ersten und zweiten Abstrahlungsbauteile ist.

24. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 23, wobei das Verbindungsbauteil aus einer Mehrzahl von Kissen besteht, welche eine Mehrzahl von Räumen zwischen sich bilden, und wobei die Mehrzahl von Räumen zwischen der Mehrzahl von Kissen mit einem Kunstharz (18) gefüllt ist.

25. Eine Halbleitervorrichtung mit: einem Halbleiterchip (301, 302), der eine Elementausbildungsoberfläche (301a, 302a) und eine Rückenoberfläche (301b, 302b) hat;

einem ersten leitfähigen Bauteil (303), welches mit Elementausbildungsoberfläche des Halbleiterchips über ein erstes Verbindungsbauteil (304) verbunden ist, welches elektrische Leitfähigkeit hat;

einem zweiten leitfähigen Bauteil (305), welches mit der Rückenoberfläche des Halbleiterchips über ein zweites Verbindungsbauteil (304) verbunden ist, welches elektrische Leitfähigkeit hat; und

einem dritten leitfähigen Bauteil (306), welches mit dem ersten leitfähigen Bauteil über ein drittes Verbindungsbauteil (304) verbunden ist, welches elektrische Leitfähigkeit hat, wobei die Verbindung an einer gegenüberliegenden Seite des Halbleiterchips erfolgt, wobei

ein Verbindungsbereich zwischen dem ersten leitfähigen Bauteil und dem dritten leitfähigen Bauteil kleiner als derjenige zwischen dem ersten leitfähigen Bauteil und dem Halbleiterchip ist.

26. Halbleiterchip nach Anspruch 25, wobei der Halbleiterchip die ersten, zweiten und dritten leitfähigen Bauteile mit einem Versiegelungsbauteil (309) versiegelt sind, um wenigstens einen Oberflächenteil des zweiten oder des dritten leitfähigen Bauteils von dem Versiegelungsbauteil freizulassen.

27. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 26, wobei das erste leitfähige Bauteil einen abgestuften Abschnitt (303c) in Richtung eines äußeren Umfanges des Harzes weisend aufweist, wobei der abgestuften Abschnitt zur Ausbildung eines Abschnittes (303d) geringer Dicke des ersten leitfähigen Bauteiles ist.

28. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 27, wobei der abgestuften Abschnitt des ersten leitfähigen Bauteiles mit dem Versiegelungsbauteil bedeckt ist.

29. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 27, wobei das erste leitfähige Bauteil teilweise in Richtung des

dritten leitfähigen Bauteiles vorsteht, wobei der Abschnitt geringer Dicke dem Halbleiterchip gegenüberliegt.

30. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, wobei ein äußerer Oberflächenabschnitt des ersten leitfähigen Bauteils, der das Versiegelungsbau teil kontaktiert, oxidiert ist.

31. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 25 bis 30, weiterhin mit einer Elektrode an der elementausbildenden Oberfläche des Halbleiterchips, wobei: ein Bereich der Elektrode annähernd gleich dem Verbindungsbereich zwischen dem ersten leitfähigen Bauteil und dem Halbleiterchip ist.

32. Eine Halbleitervorrichtung, mit: einem Halbleiterchip (301, 302), mit einer elementaus bildenden Oberfläche (301a, 302a) und einer Rückenoberfläche (301b, 302b) an einer gegenüberliegenden Seite der Elementausbildungsoberfläche;

einem ersten leitfähigen Bauteil (303), welches elektrisch mit der Elementausbildungsoberfläche des Halbleiterchips verbunden ist;

einem zweiten leitfähigen Bauteil (305), welches elektrisch mit der Rückenoberfläche des Halbleiterchips verbunden ist;

einem dritten leitfähigen Bauteil (306), welches elektrisch mit dem ersten leitfähigen Bauteil an einer gegenüberliegenden Seite des Halbleiterchips verbunden ist; und

einem Versiegelungsbauteil (309), welches die elementausbildende Oberfläche und die Rückenoberfläche des Halbleiterchips versiegelt, welche jeweils elektrisch mit den ersten und zweiten leitfähigen Bauteilen verbunden sind, sowie eine Fläche (306b) des dritten leitfähigen Bauteils versiegelt, welches elektrisch mit dem ersten leitfähigen Bauteil verbunden ist, wobei: das erste leitfähige Bauteil einen abgestuften Abschnitt (303c) an einem Abschnitt in Richtung eines äußeren Umfanges des Versiegelungsbauletes weisend aufweist, wobei das erste leitfähige Bauteil einen Abschnitt geringer Dicke (303d) durch Vorsehen des abgestuften Abschnittes hat.

33. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 32, wobei der abgestuften Abschnitt des ersten leitfähigen Bauteiles von dem Versicherungsbauteil bedeckt ist.

34. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 32 oder 33, wobei das erste leitfähige Bauteil zum mindesten teilweise in Richtung des dritten leitfähigen Bauteiles vorsteht, wobei der Abschnitt geringer Dicke in Richtung des Halbleiterchips weist.

35. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 34, wobei ein äußerer Oberflächenabschnitt des ersten leitfähigen Bauteils, der das Versiegelungsbau teil kontaktiert, oxidiert ist.

36. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 35, weiterhin mit einer Elektrode auf der elementausbildenden Oberfläche des Halbleiterchips, wobei: ein Bereich der Elektrode annähernd gleich einem Verbindungsbereich zwischen dem ersten leitfähigen Bauteil und dem Halbleiterchip ist.

37. Eine Halbleitervorrichtung, mit: einem Substrat (110) aus Si (Silizium), mit einer elementausbildenden Oberfläche (401a) und einer Rückenoberfläche (401b) auf einer gegenüberliegenden Seite der elementausbildenden Oberfläche;

einer Elektrode (112, 113), die auf der elementaus bildenden Oberfläche des Substrates ausgebildet ist und mit Ausnahme einer Verunreinigung aus reinem Al (Aluminium) ist; und

einem Sperrmetall (111), welches zwischen der Elektrode und dem Substrat angeordnet ist, um zu verhindern, daß Si sich in der Elektrode löst.

38. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 37, weiterhin mit einer Rückenseitenelektrode (115), welche auf der Rückenseite des Substrates ausgebildet ist und aus reinem Al mit Ausnahme einer Verunreinigung ist. 5

39. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 37 oder 38, weiterhin mit einem ersten Abstrahlungsbau teil (420), welches an die Hauptoberfläche des Substrates über die Elektrode angeheftet ist, um von einem Halbleiterchip erzeugte Wärme abzustrahlen, der aus dem Substrat und der Elektrode aufgebaut ist. 10

40. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 39, wobei eine Richtung, in der Wärme von dem ersten Abstrahlungsbau teil abgestrahlt wird, einer Richtung entspricht, welche sich von der elementausbildenden Oberfläche zur Rückenoberfläche des Substrates erstreckt. 15

41. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 39 oder 40, weiterhin mit: einem zweiten Abstrahlungsbau teil (424), welches an die Rückenoberfläche des Substrates angeheftet ist und eine Abstrahlungs- 20

oberfläche (409) hat; und einem äußeren Kühlbauteil, welches die Abstrahlungs- 25

oberfläche des zweiten Abstrahlungsbau teiles an einer gegenüberliegenden Seite des Substrates berührt, um eine Abstrahlung der Wärme zur Außenseite hin zu erleichern, wobei:

das erste Abstrahlungsbau teil mit dem zweiten Abstrahlungsbau teil verbunden ist, so daß von der elementausbildenden Oberfläche erzeugte Wärme von der Abstrahlungs-oberfläche des zweiten Abstrahlungsbau teiles abgestrahlt wird. 30

42. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 41, weiterhin mit einem Substrat (404) hoher thermischer Leitfähigkeit, welches hohe thermische Leitfähigkeit hat und zwischen dem ersten Abstrahlungsbau teil und dem zweiten Abstrahlungsbau teil angeordnet ist. 35

43. Eine Halbleitervorrichtung, mit: einem Halbleiterchip (501a, 501b) mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche; einem ersten Abstrahlungsbau teil (503), welches über ein erstes Verbindungsbau teil (502) mit thermischer Leitfähigkeit mit der ersten Oberfläche des Halbleiterchips in Verbindung ist, und 45

einem zweiten Abstrahlungsbau teil (504), welches über ein zweites Verbindungsbau teil (502) mit thermischer Leitfähigkeit mit der zweiten Oberfläche des Halbleiterchips in Verbindung ist, wobei das zweite Abstrahlungsbau teil einen konkaven Abschnitt (508) zur Aufnahme des Halbleiterchips hierin aufweist. 50

44. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 43, wobei: das erste Abstrahlungsbau teil einen konvexen Abschnitt (506) hat, der in Richtung des Halbleiterchips vorsteht; und wobei der konvexe Abschnitt mit dem Halbleiterchip über das erste Verbindungsbau teil in Verbindung steht. 55

45. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 43 oder 44, weiterhin mit: einer Steuerelektrode, die auf der ersten Oberfläche des Halbleiterchips vorhanden ist; und einem Leiterrahmen (509), der elektrisch mit der Steuerelektrode verbunden ist. 60

46. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 45, wobei das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil einen vorstehenden Abschnitt (507a, 507b) auf Seiten des Halbleiterchips hat, wobei der

vorstehende Abschnitt in eine Öffnung (512a, 512b) eingesetzt ist, welche in dem Leiterrahmen ausgebildet ist, um das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil mit dem Leiterrahmen zu verbinden.

47. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 45, wobei das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil einen vorstehenden Abschnitt (507a, 507b) auf Seiten des Halbleiterchips hat, wobei der vorstehende Abschnitt zur Einführung in eine Bohrung (512a, 512b) in dem Leiterrahmen vorgesehen ist, wobei ein Abstandshalter (513) zwischen den Leiterrahmen und das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil gesetzt ist, und wobei der Abstandshalter das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil bezüglich des Halbleiterchips in Dickenrichtung des Halbleiterchips positioniert.

48. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 43 bis 47, wobei das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil aus einem Kupferbauteil (529) und einer Mehrzahl von Abschnitten (528) zusammengesetzt ist, welche teilweise innerhalb des Kupferbauteiles angeordnet sind und aus Invar oder Molybdän gefertigt sind.

49. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 43 bis 48, wobei das erste Abstrahlungsbau teil, der Halbleiterchip und das zweite Abstrahlungsbau teil innerhalb eines Kunstharzbauteils (514) in einem Zustand eingesiegelt sind, wo sowohl das erste Abstrahlungsbau teil als auch das zweite Abstrahlungsbau teil eine Oberfläche hat, welche von dem Kunstharzbauteil auf einer Seite gegenüber des Halbleiterchips vorsteht.

50. Eine Halbleitervorrichtung, mit: einem Halbleiterchip (501a, 501b) mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche; einem ersten Abstrahlungsbau teil (503) mit einem konvexen Abschnitt (506), der mit der ersten Oberfläche des Halbleiterchips über ein erstes Verbindungsbau teil (502) mit thermischer Leitfähigkeit in Verbindung steht; und

einem zweiten Abstrahlungsbau teil (504), welches mit der zweiten Oberfläche des Halbleiterchips über ein zweites Verbindungsbau teil (502) mit thermischer Leitfähigkeit in Verbindung steht;

einer Steuerelektrode, die auf der ersten Oberfläche des Halbleiterchips vorhanden ist; einem Leiterrahmen (509), der elektrisch mit der Steuerelektrode verbunden ist, wobei das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil einen vorstehenden Abschnitt (507a, 507b) auf einer Seite in Richtung des Halbleiterchips weisend hat;

der vorstehende Abschnitt fest in eine Bohrung (512a, 512b) eingeführt ist, welche in dem Leiterrahmen ausgebildet ist, um das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil festzulegen; und wobei ein Abstandshalter (513) in einem Raum angeordnet ist, der zwischen dem ersten Abstrahlungsbau teil oder dem zweiten Abstrahlungsbau teil definiert ist, um das erste Abstrahlungsbau teil oder das zweite Abstrahlungsbau teil und den Halbleiterchip in Dickenrichtung des Halbleiterchips zu positionieren.

51. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 50, wobei das erste Abstrahlungsbau teil und das zweite Abstrahlungsbau teil aus einem metallischen Material gefertigt sind mit einem linearen thermischen Ausdehnungskoeffizienten annähernd gleich demjenigen des Halbleiterchips.

52. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 50 oder 51, wobei das erste Abstrahlungsbauteil oder das zweite Abstrahlungsbauteil aus einem Kupferbau- teil (529) und einer Mehrzahl von Abschnitten (528) besteht, welche teilweise innerhalb des Kupferbauteiles angeordnet sind und aus Invar oder Molybdän be- stehen.

53. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 50 bis 52, wobei das erste Abstrahlungsbauteil, der Halbleiterchip und das zweite Abstrahlungsbauteil mit einem Kunstharzbauteil (514) eingesiegelt sind, und zwar in einem Zustand, wobei das erste Abstrahlungsbau teil und das zweite Abstrahlungsbau teil eine Ober- fläche haben, welche von dem Kunstharzbau teil an einer gegenüberliegenden Seite des Halbleiterchips frei liegt.

54. Eine Halbleitervorrichtung, mit: einem Halbleiterchip (101, 102) mit einer ersten Ober- fläche und einer zweiten Oberfläche; einem ersten leitfähigen Bauteil (103), welches über ein erstes Lötbauteil (104) an die erste Oberfläche des Halbleiterchips angeheftet ist; und einem zweiten leitfähigen Bauteil (107), welches über ein zweites Lötbauteil (106) an die zweite Oberfläche des Halbleiterchips angeheftet ist, wobei ein Schmelz- punkt des zweiten Lötbauteils niedriger als derjenige des ersten Lötbauteils ist.

55. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 54, wobei das zweite Lötbauteil zumindest 90 Gew.-% Sn enthält.

56. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 54 oder 55, wobei das zweite leitfähige Bauteil einen vertieften Abschnitt (107c) hat, in welchem das zweite Lötbauteil angeordnet ist.

57. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 54 bis 56, wobei das erste Abstrahlungsbau teil und das zweite Abstrahlungsbau teil gleichzeitig als Elektrode und Abstrahlungsbau teil für den Halbleiterchip dienen.

58. Ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung, mit:

Befestigen eines Halbleiterchips (101, 102) an einem ersten leitfähigen Bauteil (103) mit einem dazwischen liegenden ersten Lötbauteil (104);

Befestigen eines zweiten leitfähigen Bauteiles (107) an dem Halbleiterbauplattform mit einem dazwischen liegenden zweiten Lötbauteil (106), wobei das zweite Löt- bauteil einen niedrigeren Schmelzpunkt als das erste Lötbauteil hat;

Durchführen einer Reflow-Behandlung nur an dem zweiten Lötbauteil; und

Aufbringen eines Drucks auf das zweite leitfähige Bau- teil von einer Seite gegenüberliegend des Halbleiterchips her, um einen Grad der Parallelität zwischen dem ersten leitfähigen Bauteil und dem zweiten leitfähigen Bauteil einzustellen.

59. Verfahren nach Anspruch 58, wobei das zweite Lötbauteil wenigstens 90 Gew.-% oder mehr Sn ent- hält.

60. Ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Instruments, mit:

Anordnen eines Heizelementes (201) zwischen ersten und zweiten Abstrahlungsbau teilen (202, 203) über ein Verbindungsbauteil (205);

Anordnen einer Lehre (206) in einem Raum, der zwi- schen den ersten und zweiten Abstrahlungsbau teilen definiert ist, so daß die Lehre die ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile berührt und die Lehre zum Fest- legen eines Abstandes zwischen den ersten und zwei- ten Abstrahlungsbau teilen ist, und

Unterdrücken der ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile von außen her, um die ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile und das Heizelement über das Verbindungsbauteil miteinander zu verbinden.

61. Verfahren nach Anspruch 60, wobei die Lehre ei- nen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der größer als derjenige der ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile ist.

62. Ein Verfahren zur Herstellung eines elektronischen Instruments, mit:

Anordnen eines Heizelementes (201) zwischen ersten und zweiten Oberflächen (202a, 203a) erster und zweiter Abstrahlungsbau teile (202, 203) mit einem ersten Verbindungsbauteil (205) zwischen der ersten Oberflä- che des ersten Abstrahlungsbau teiles und dem Heizelement und eines zweiten Verbindungsbauteiles (205) zwischen der ersten Oberfläche des zweiten Abstrahlungsbau teiles und dem Heizelement;

Bereitstellen einer ersten Lehre (260) mit einem ersten vorstehenden Abschnitt (261) an einer ersten Lehrenoberfläche (260a) und einer zweiten Lehre (260) mit ei- nem zweiten vorstehenden Abschnitt (271) und einer zweiten Lehrenoberfläche (270a);

Anordnen der ersten Lehre mit der ersten Lehrenober- fläche in Richtung der zweiten Oberfläche (203b) des zweiten Abstrahlungsbau teiles weisend und der zweiten Lehre mit der zweiten Lehrenoberfläche in Rich- tung einer zweiten Oberfläche (202b) des ersten Ab- strahlungsbau teiles weisend;

Anschlagenlassen eines vorderen Endabschnittes (261a) des ersten vorstehenden Abschnittes an der ersten Oberfläche des ersten Abstrahlungsbau teiles und Anschlagenlassen eines vorderen Endabschnittes (271a) des zweiten vorstehenden Abschnittes an der ersten Oberfläche des zweiten Abstrahlungsbau teiles, wobei ein Abstand zwischen der ersten Lehre und der zweiten Lehre konstant gehalten wird; und

Unterdrücken der ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile von den zweiten Oberflächen der ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile her, um die ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile und das Heizelement über die ersten und zweiten Verbindungsbauteile miteinander zu verbinden.

63. Verfahren nach Anspruch 62, wobei das erste Ab- strahlungsbau teil eine Durchgangsöffnung (221) hat, durch welche der zweite vorstehende Abschnitt ver- läuft.

64. Verfahren nach Anspruch 63, wobei das zweite Abstrahlungsbau teil eine Durchgangsöffnung (231) hat, durch welche der erste vorstehende Abschnitt ver- läuft.

65. Verfahren nach Anspruch 62, wobei die ersten und zweiten Abstrahlungsbau teile durch die elastische Kraft eines Federbauteiles (290) unter Druck gesetzt werden.

FIG. IA

FIG. IB

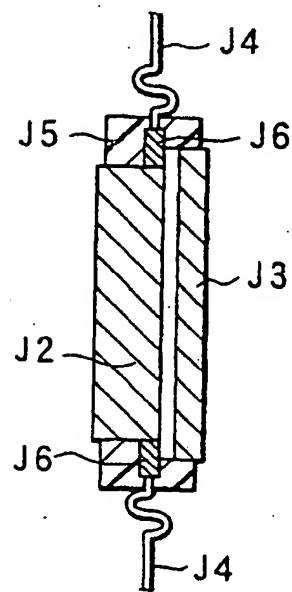
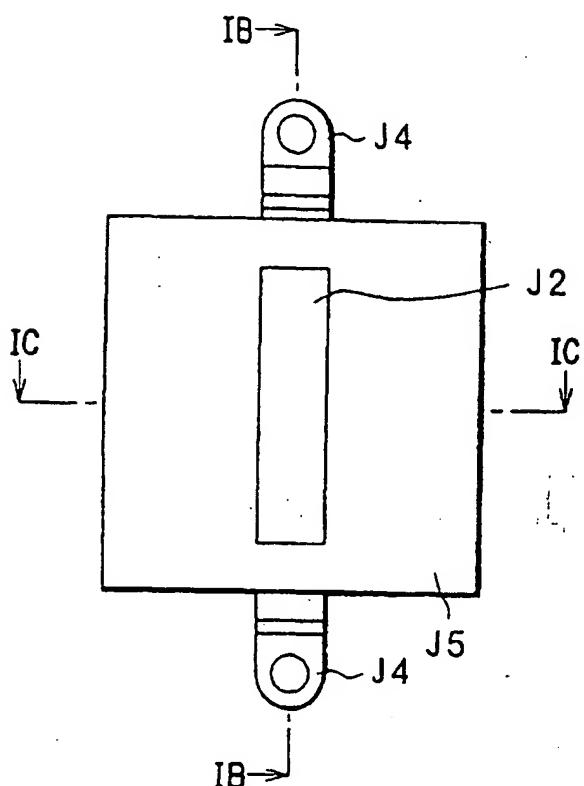
STAND DER TECHNIKSTAND DER TECHNIK

FIG. IC

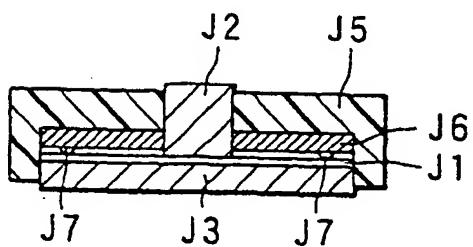
STAND DER TECHNIK

FIG. 2A

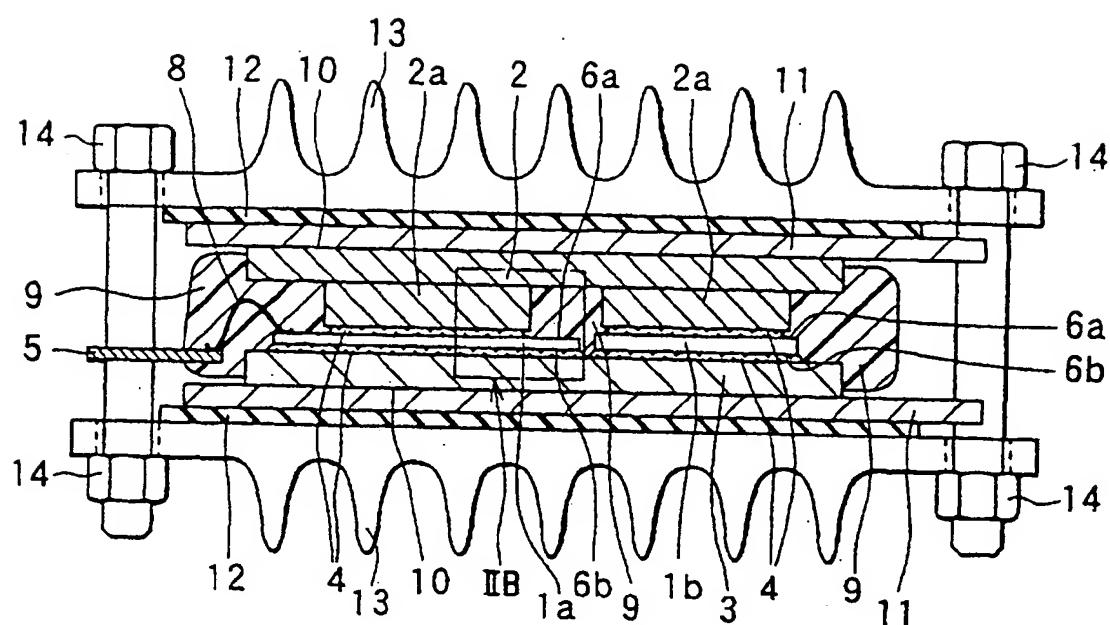


FIG. 2B

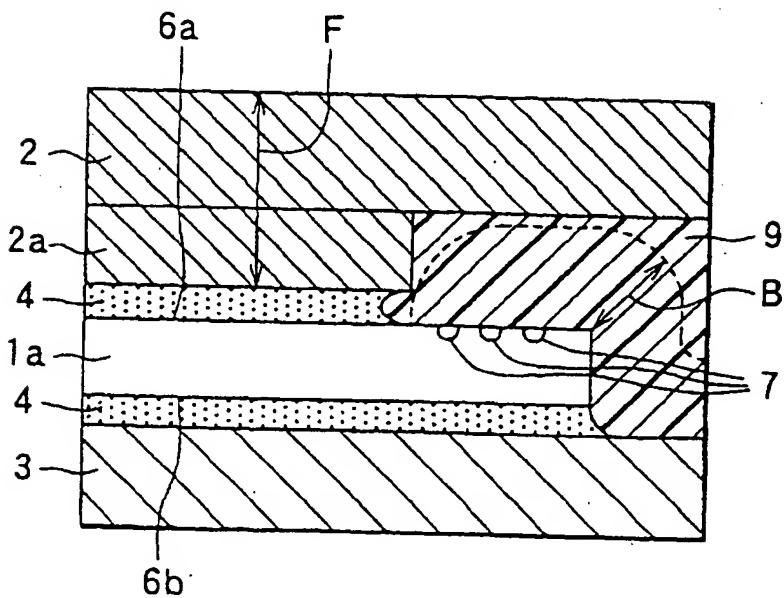


FIG. 3

NAME DES METALLS	CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG (%)										Al	
	Fe	Zn	P	Ni	Si	Sn	NiB	Mn	Mg	Cr	Ti	
METALL a	2.3	0.1	0.03									REST
METALL b	2.4	0.12	0.03									REST
METALL c					3.0	0.7						REST
METALL d	1.5	0.5					0.5					REST
METALL e	1.0	0.05	0.1				1.0					REST
METALL f	0.75		0.03				1.25					REST
METALL g	0.05		0.025									REST
METALL h	0.15		0.040									REST
METALL i	0.05	0.05				0.05	0.05					REST
METALL j	0.4	0.1				0.2	0.45					REST
METALL k	0.12	0.03			0.15	0.1	1.7					REST
METALL l	1.0	0.1			3.4	0.75	1.5					0.03
METALL m	0.5	0.1				0.3	0.7	0.05	0.35	0.03	0.06	0.1
								0.5	0.5	0.5	0.02	0.02
									0.5	0.5	0.2	0.03
										0.5	0.1	0.01

FIG. 4A

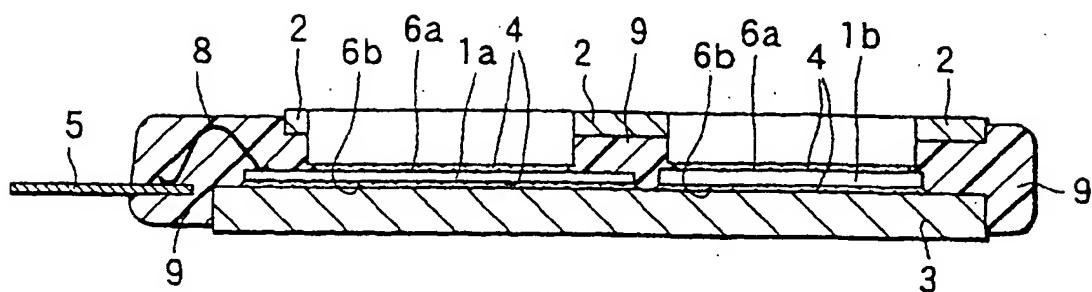


FIG. 4B

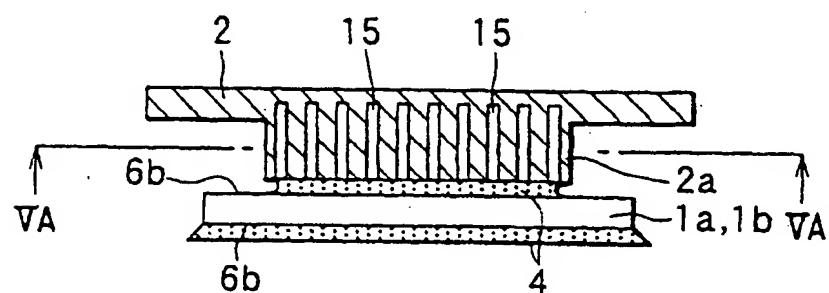


FIG. 4C

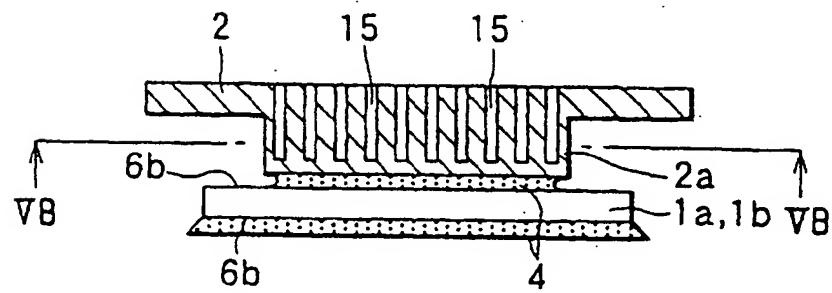


FIG. 4D

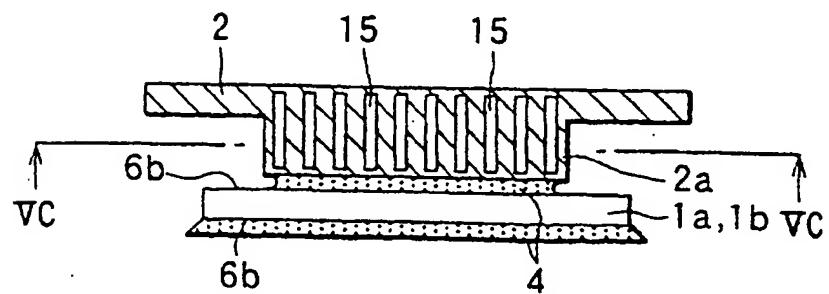


FIG. 5A

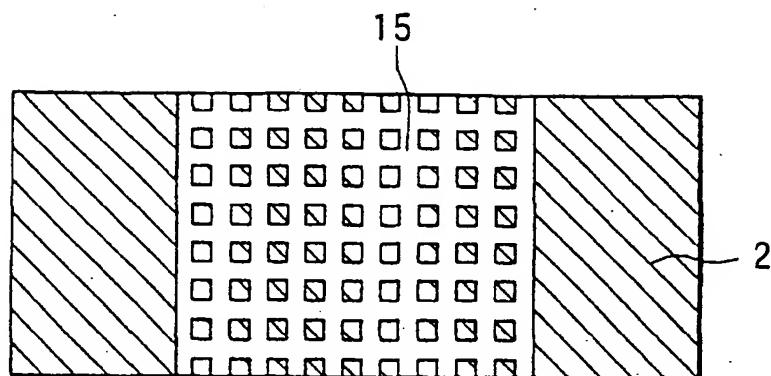


FIG. 5B

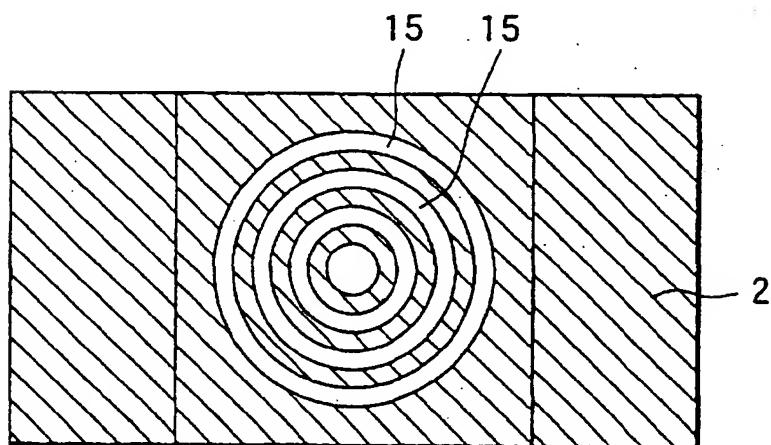


FIG. 5C

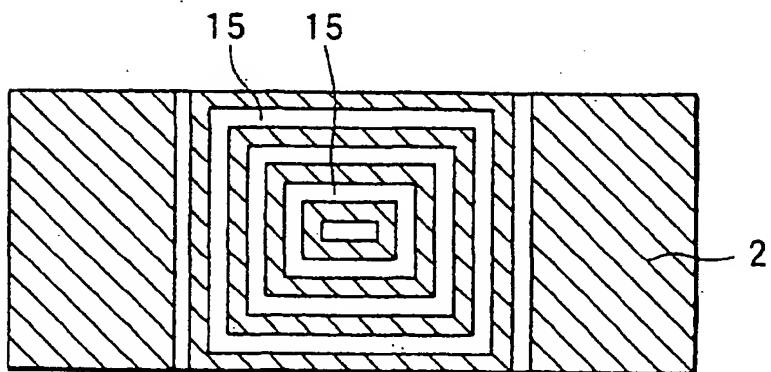


FIG. 6

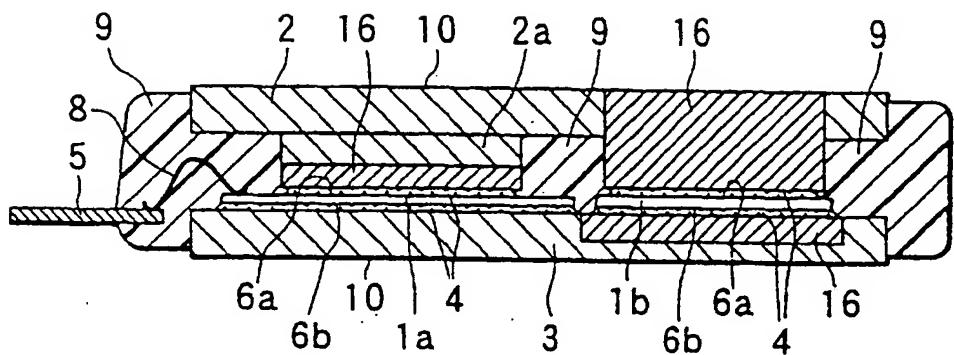


FIG. 7

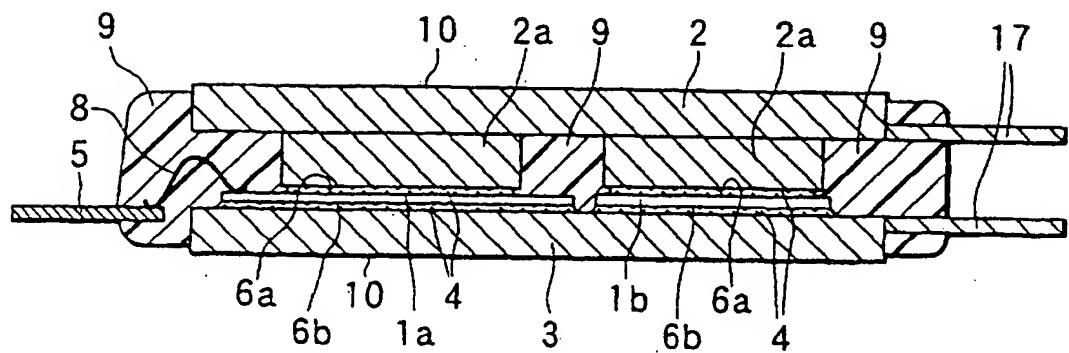


FIG. 8A

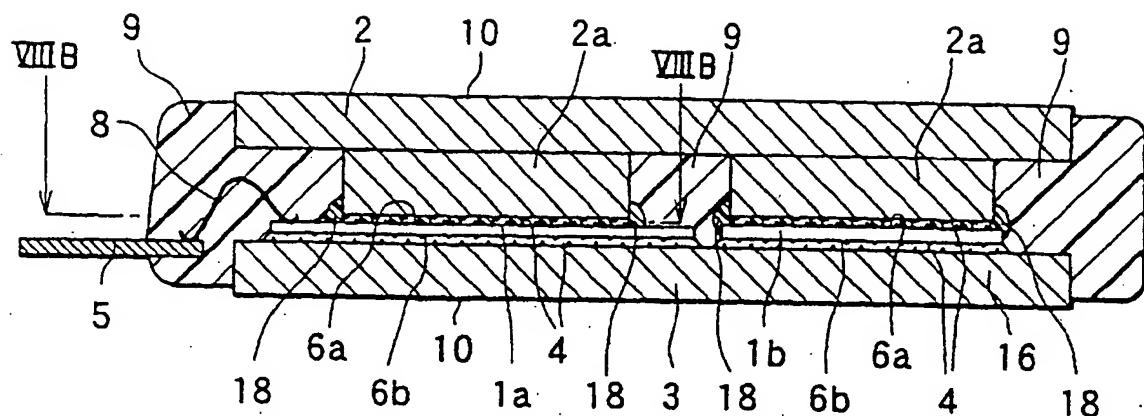


FIG. 8B

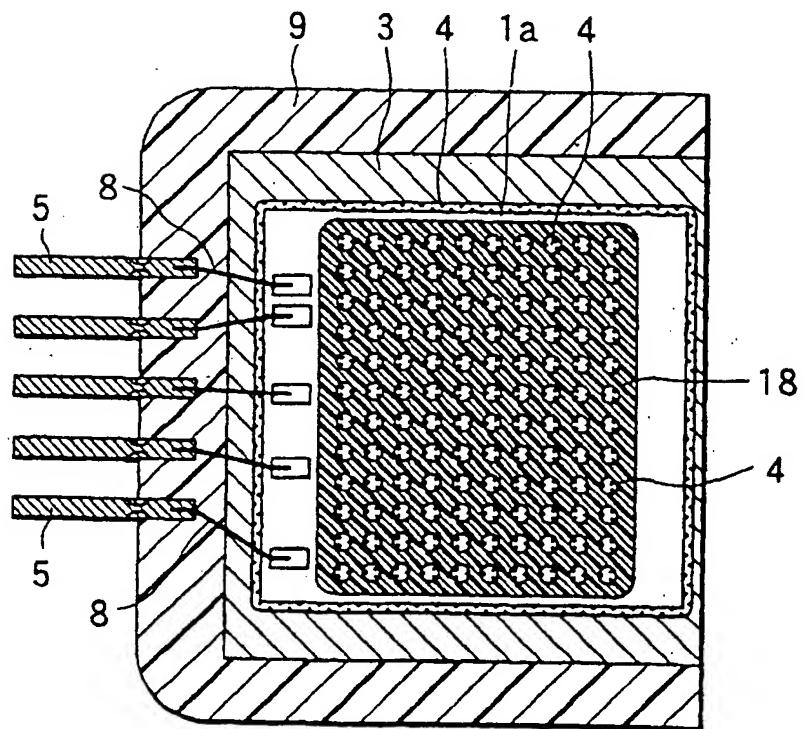


FIG. 9A

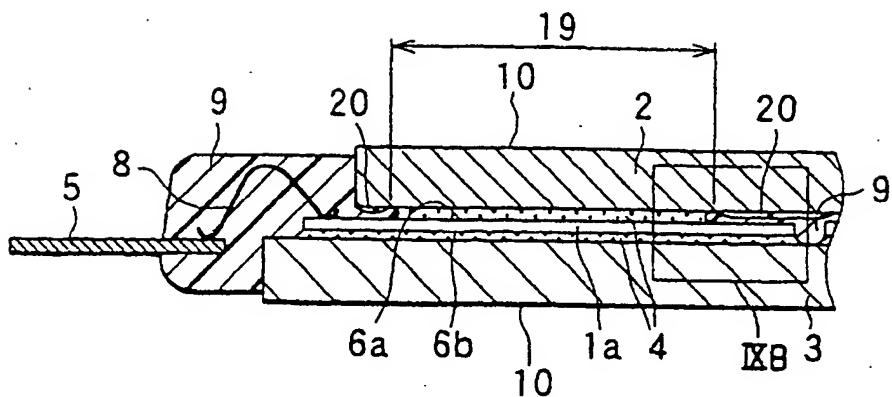


FIG. 9B

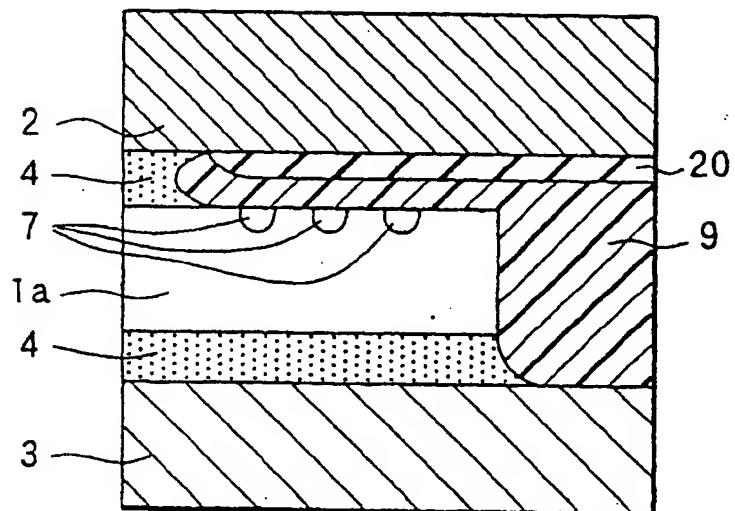


FIG. 9C

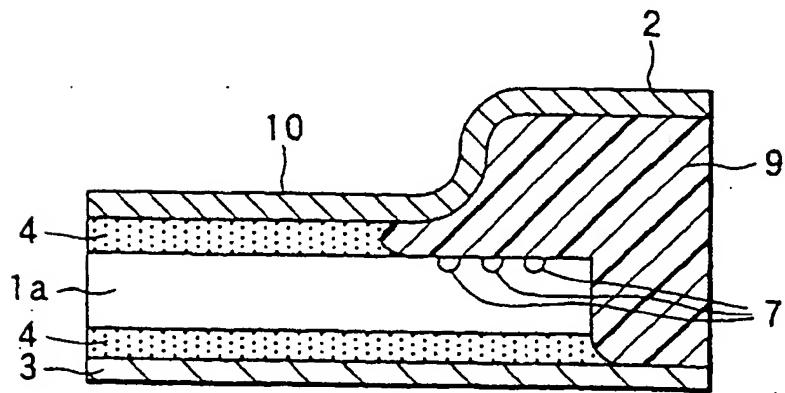


FIG. 10

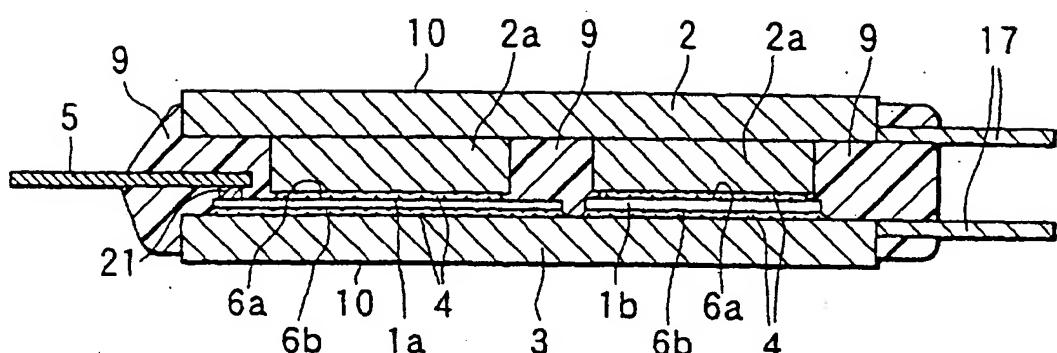
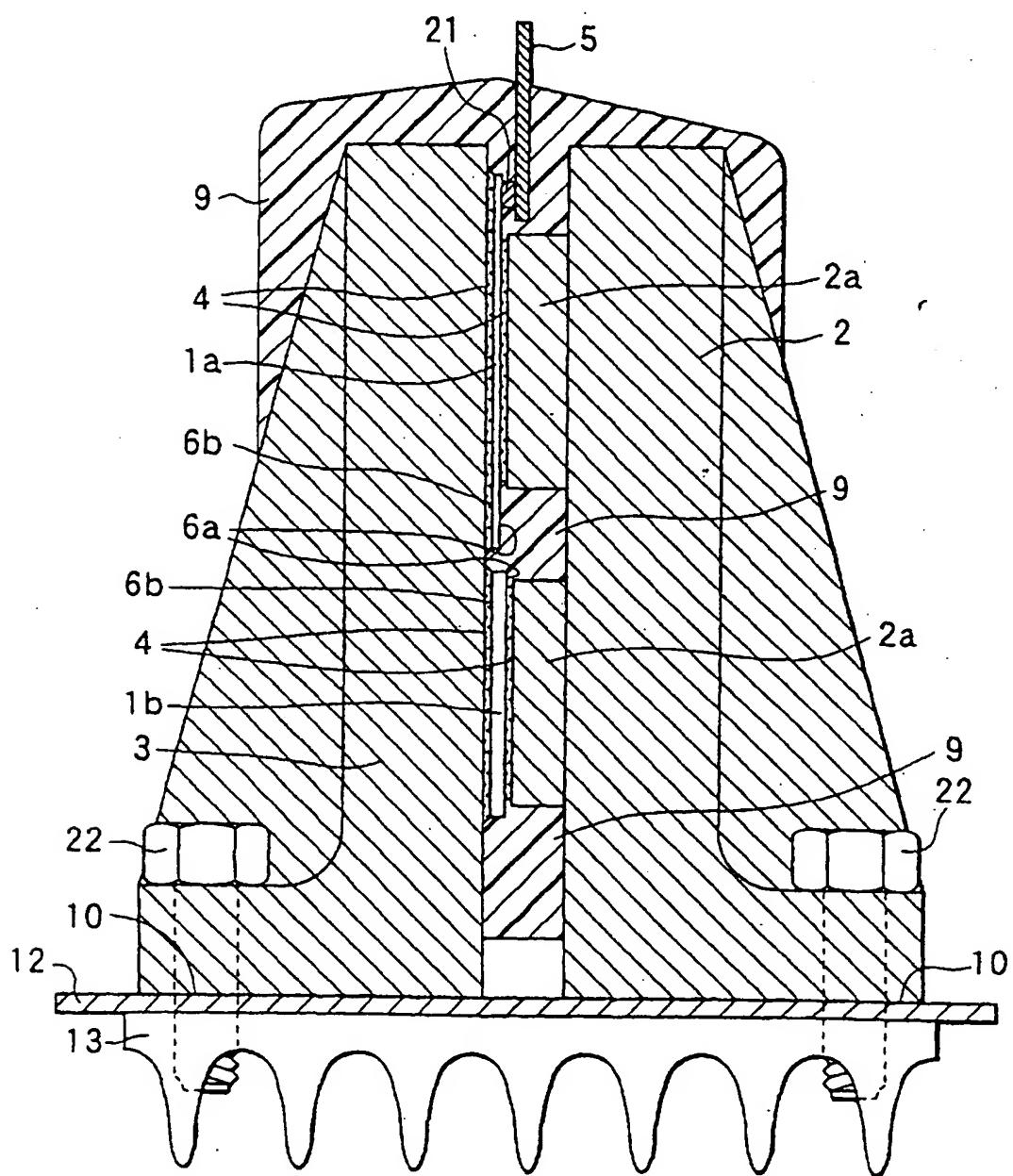


FIG. 11



## FIG. 12

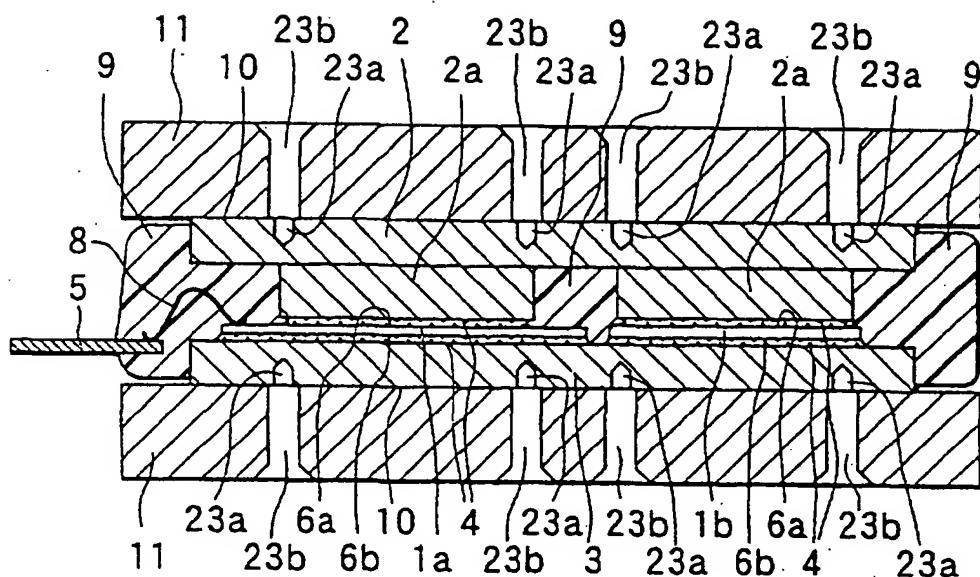


FIG. 13

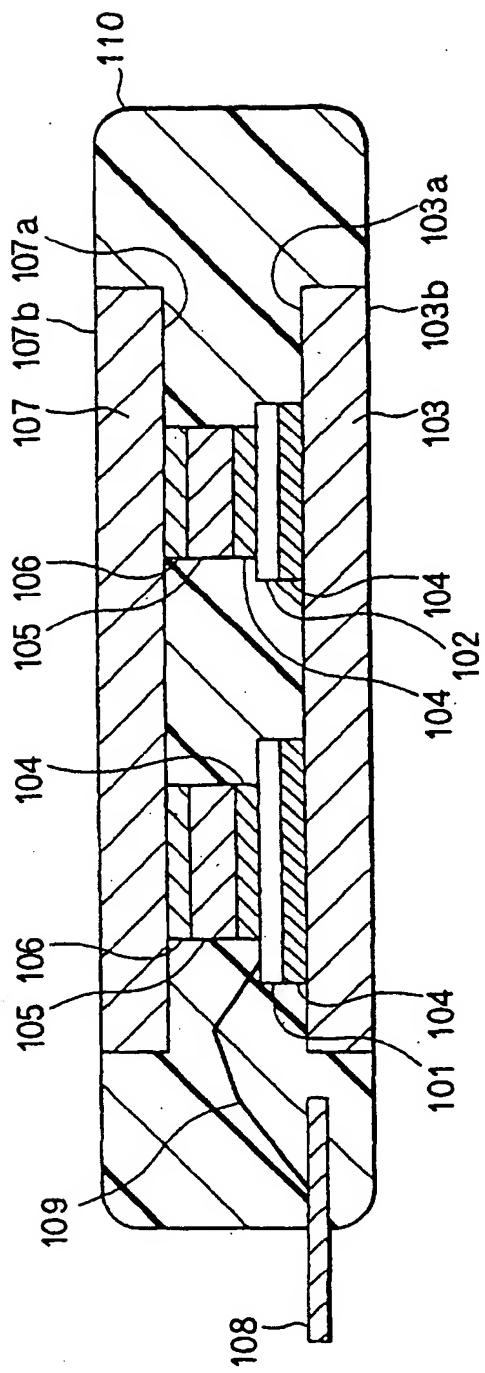


FIG. 14A

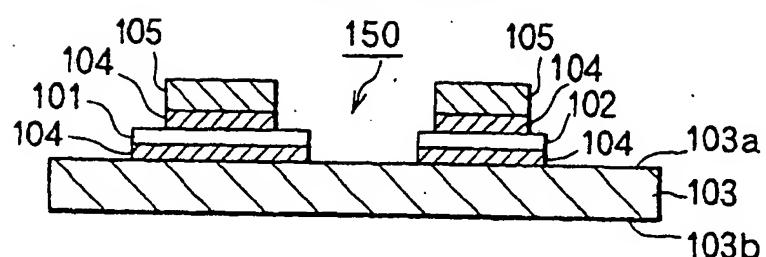


FIG. 14B

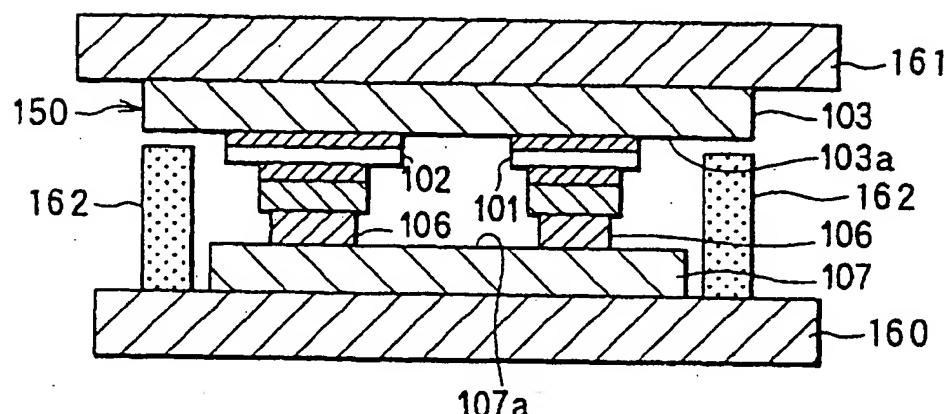


FIG. 14C

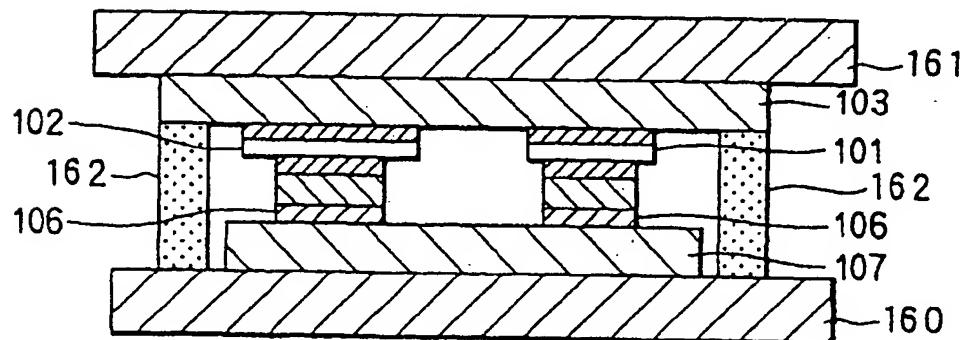
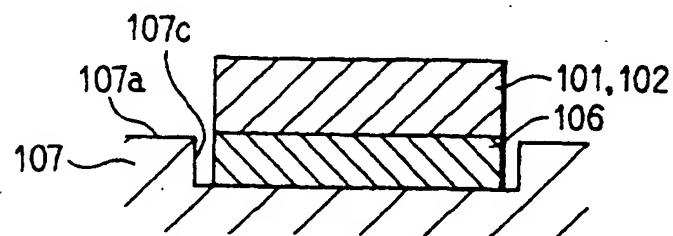


FIG. 15



## FIG. 16

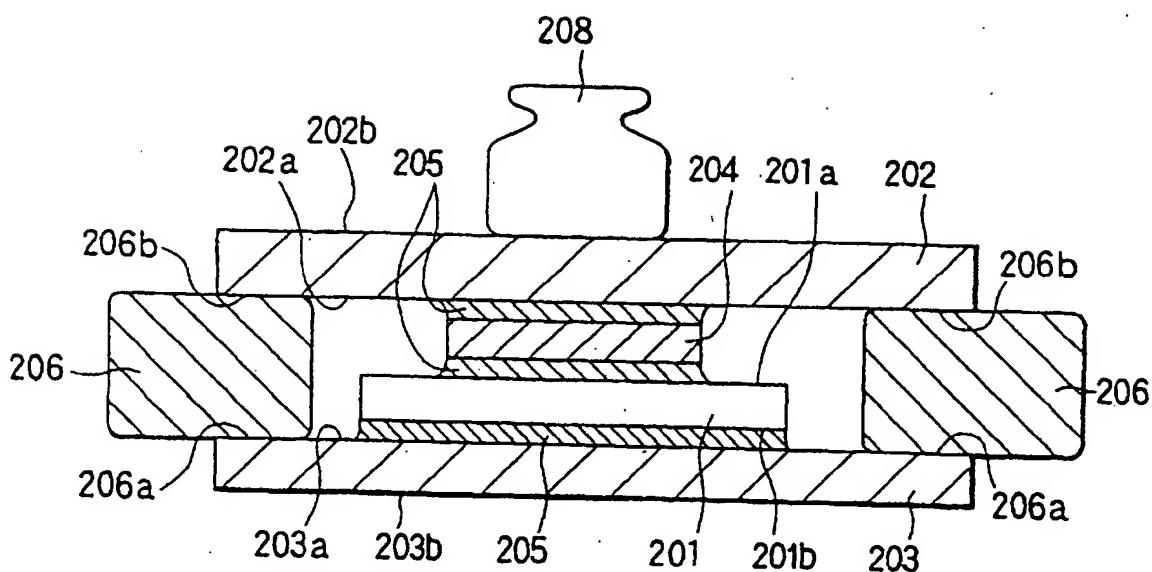


FIG. 17

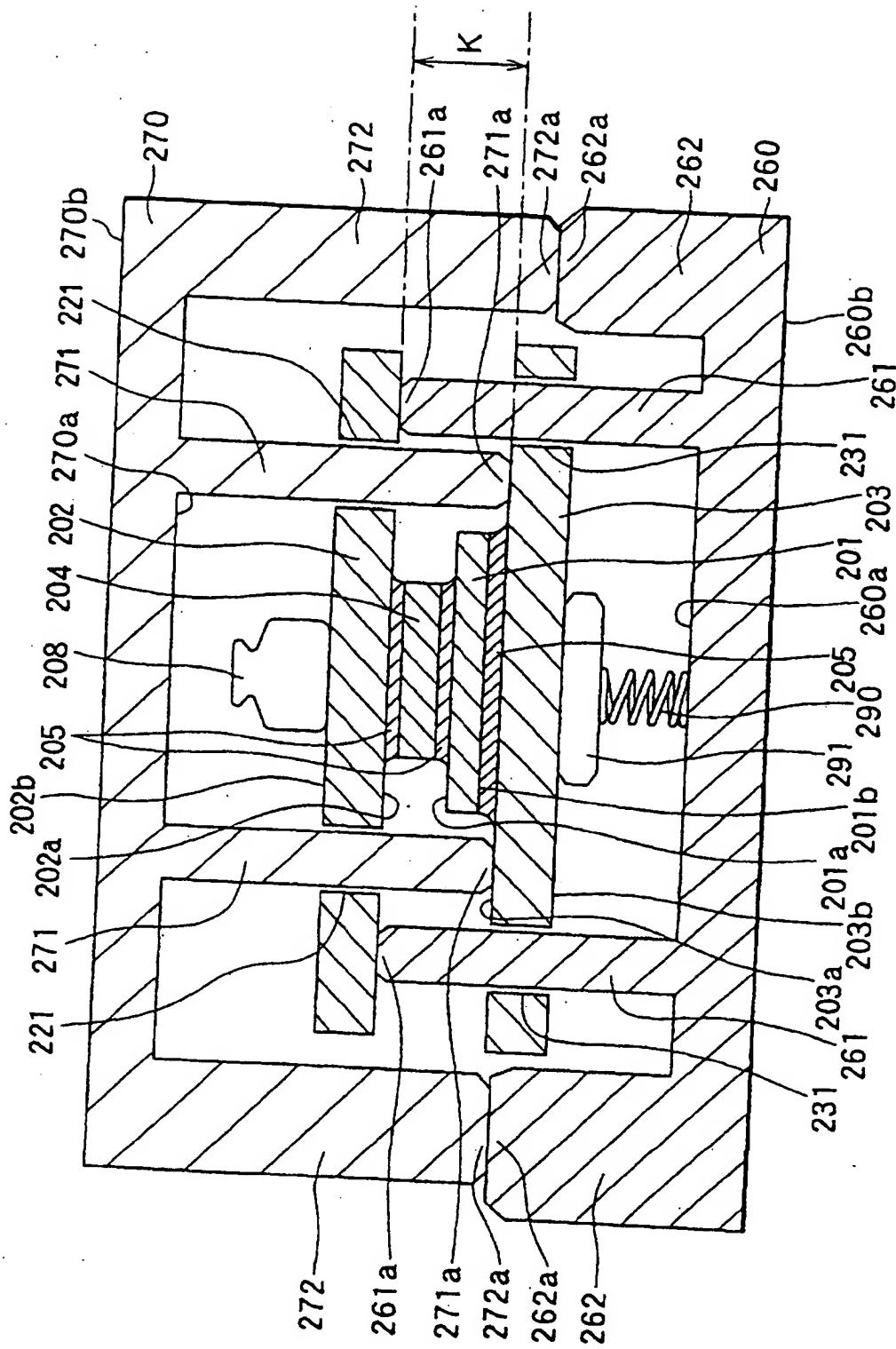


FIG. 18

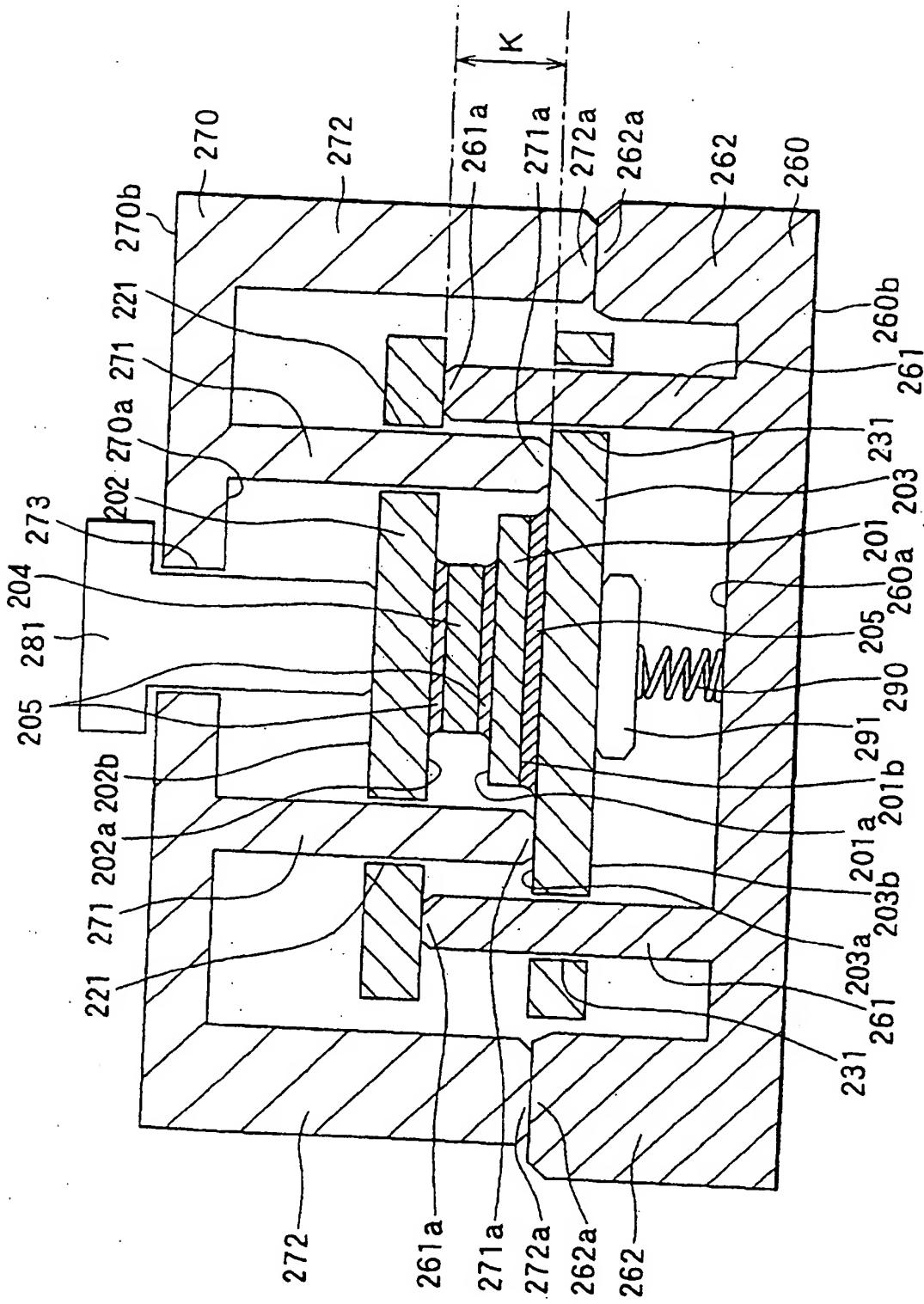


FIG. 19

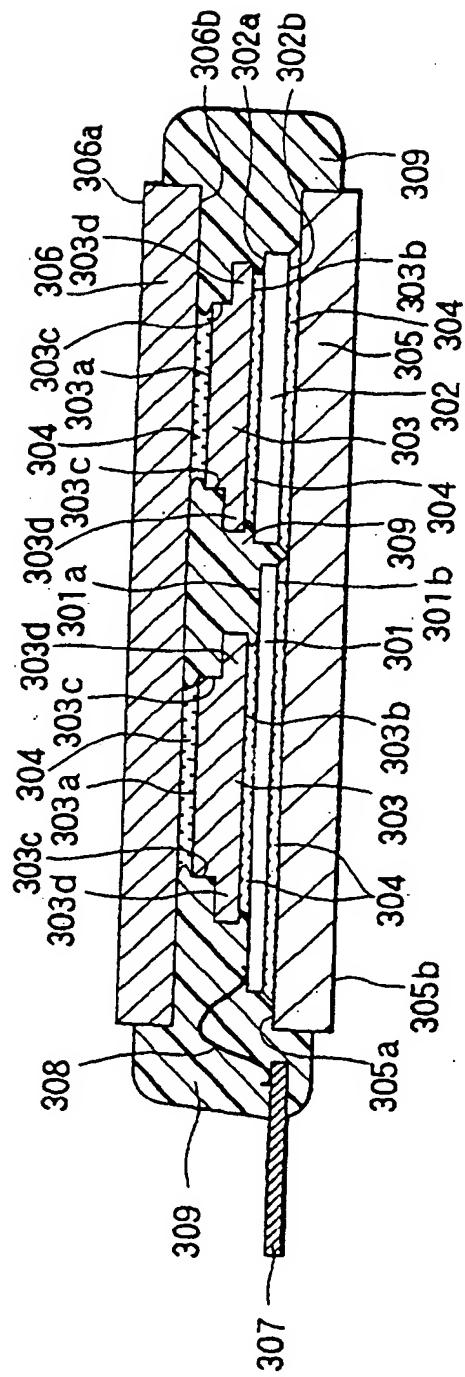


FIG. 20A

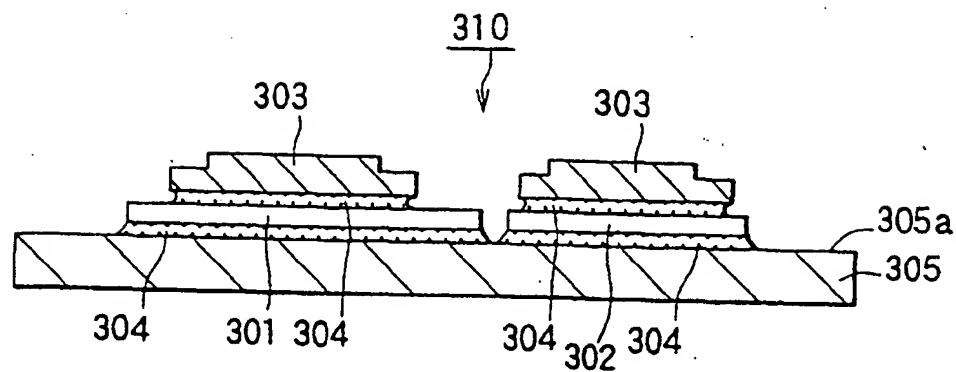


FIG. 20B

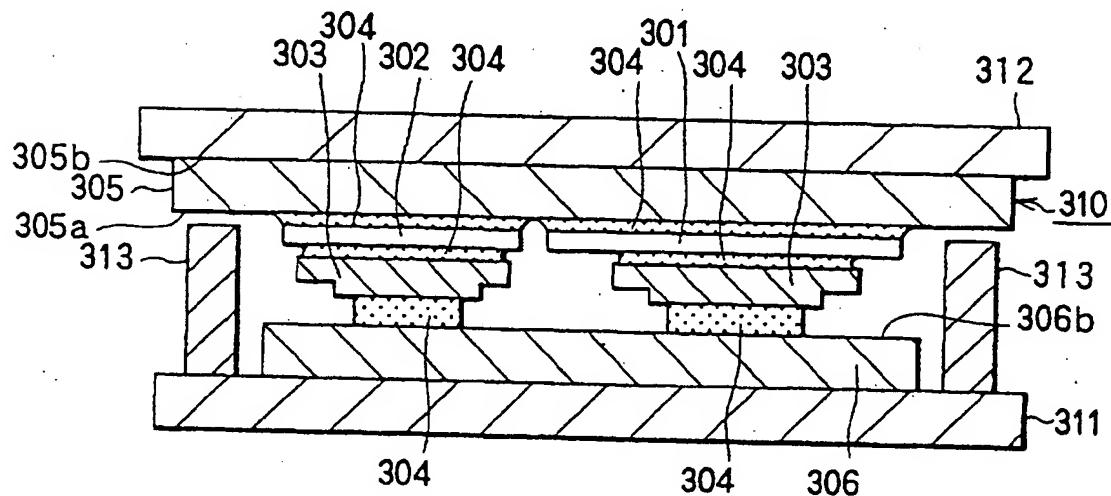


FIG. 20C

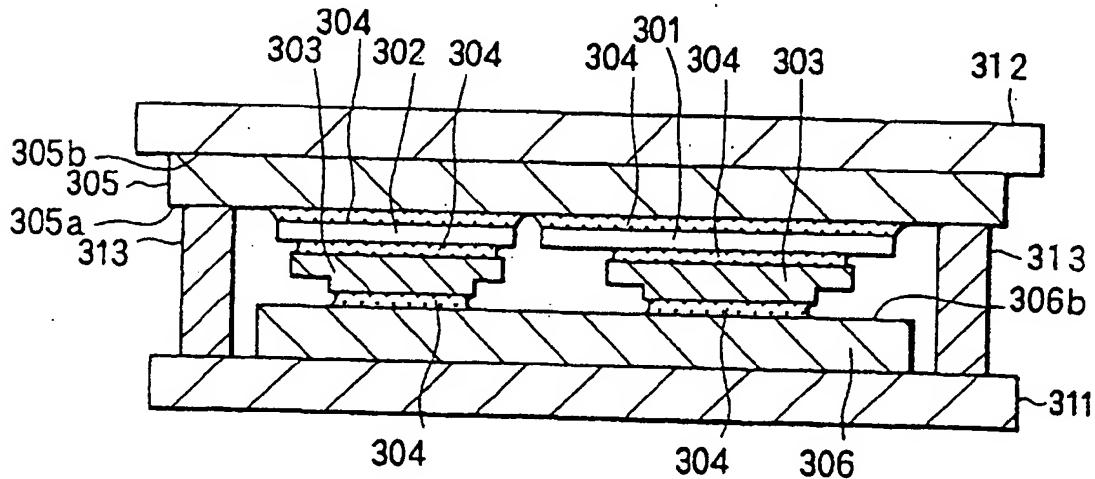


FIG. 21

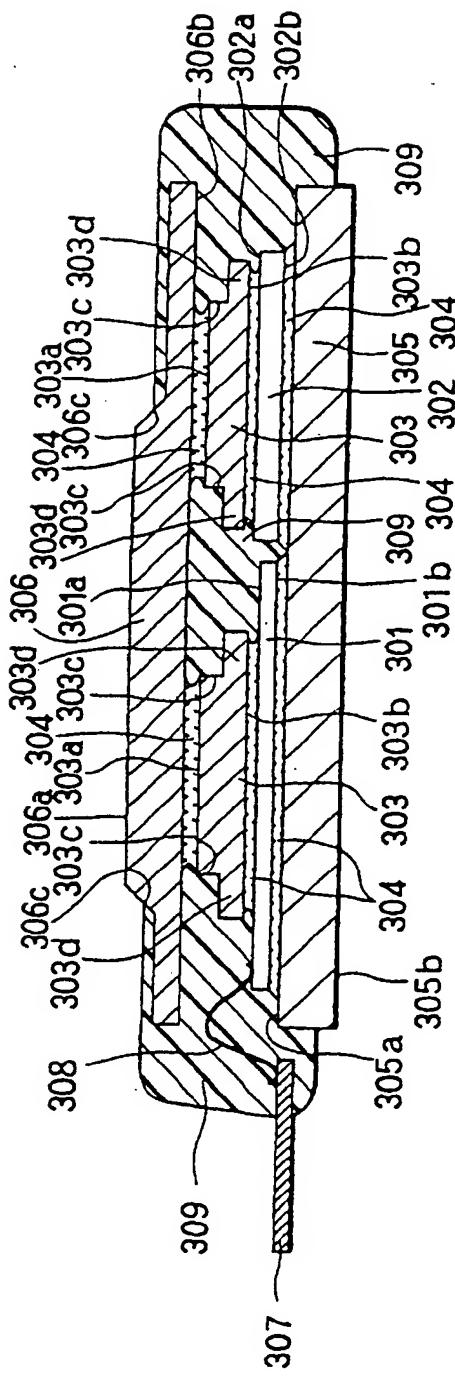


FIG. 22

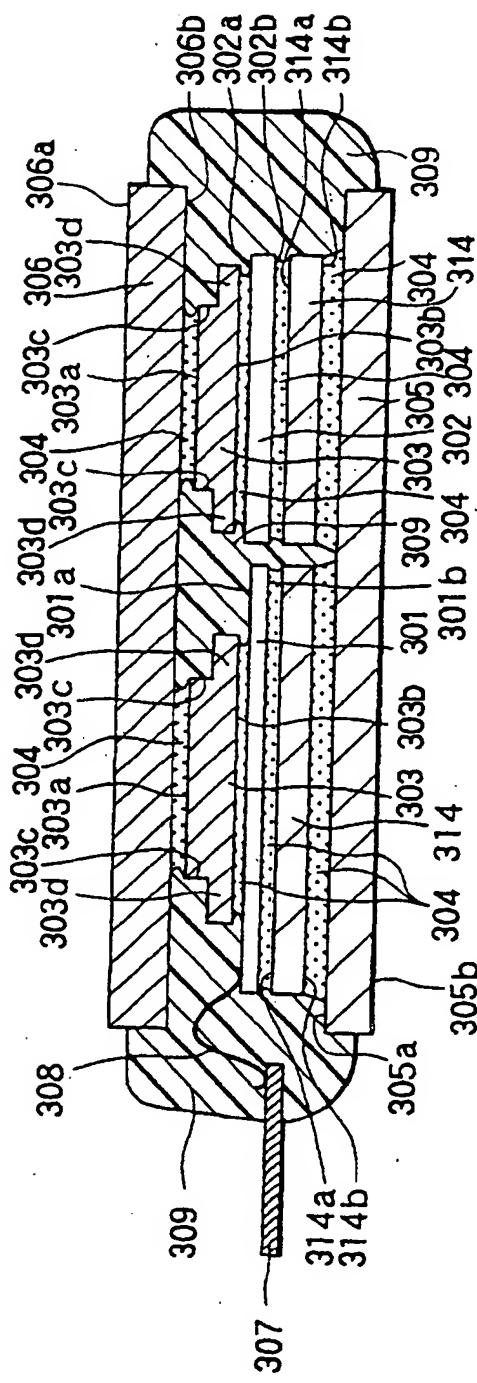


FIG. 23

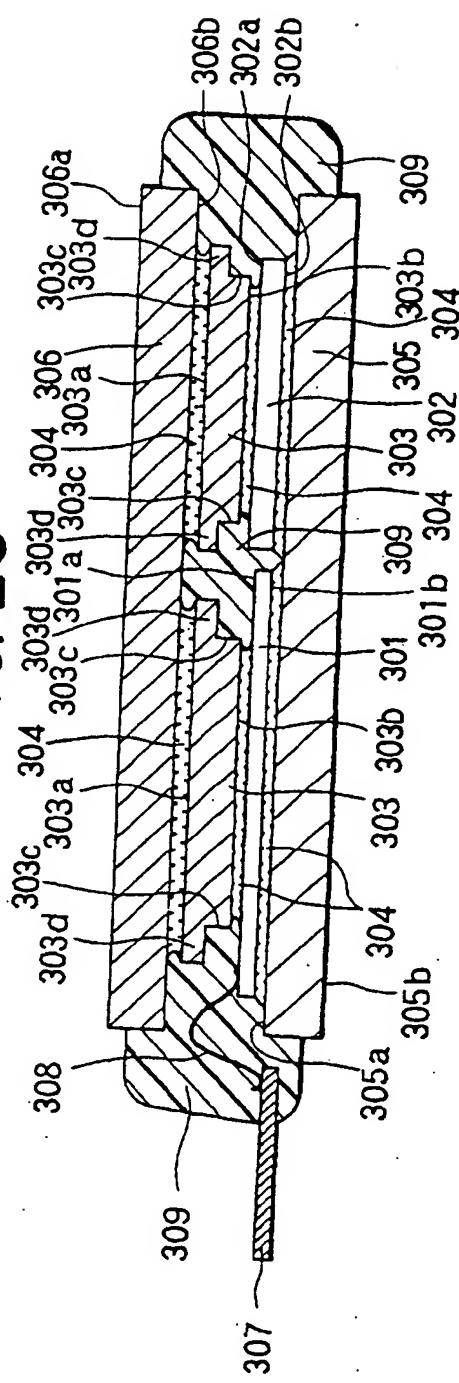


FIG. 24

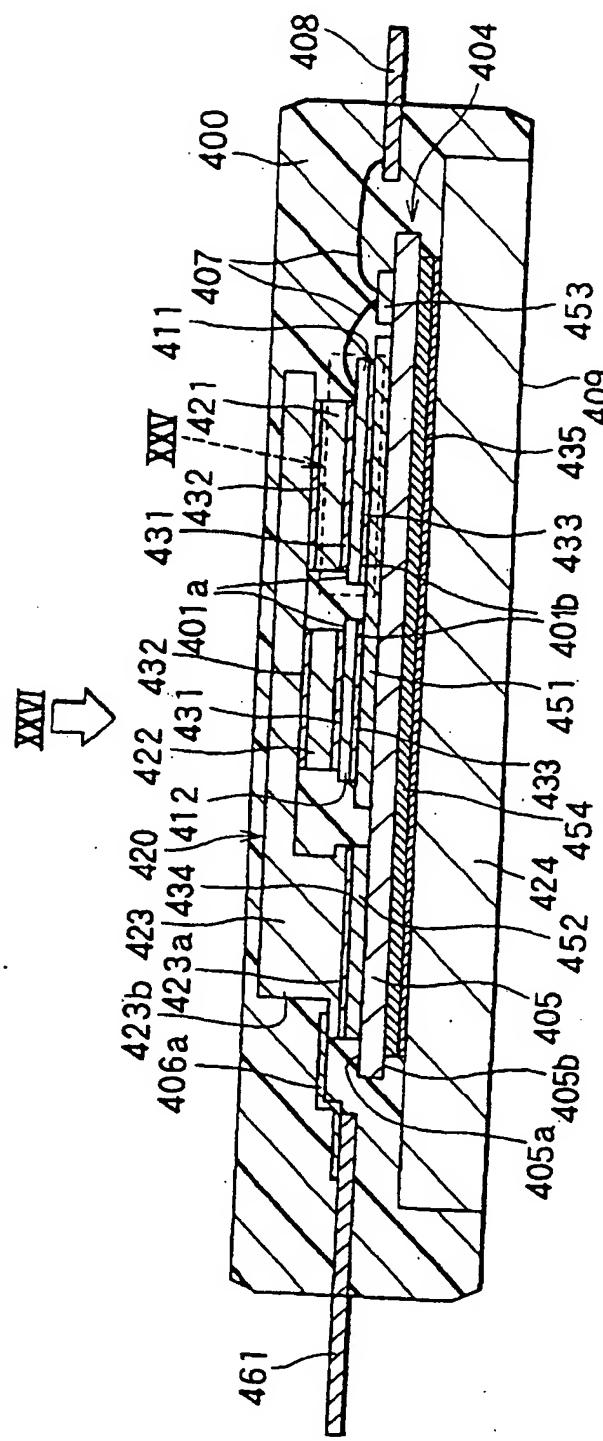


FIG. 25

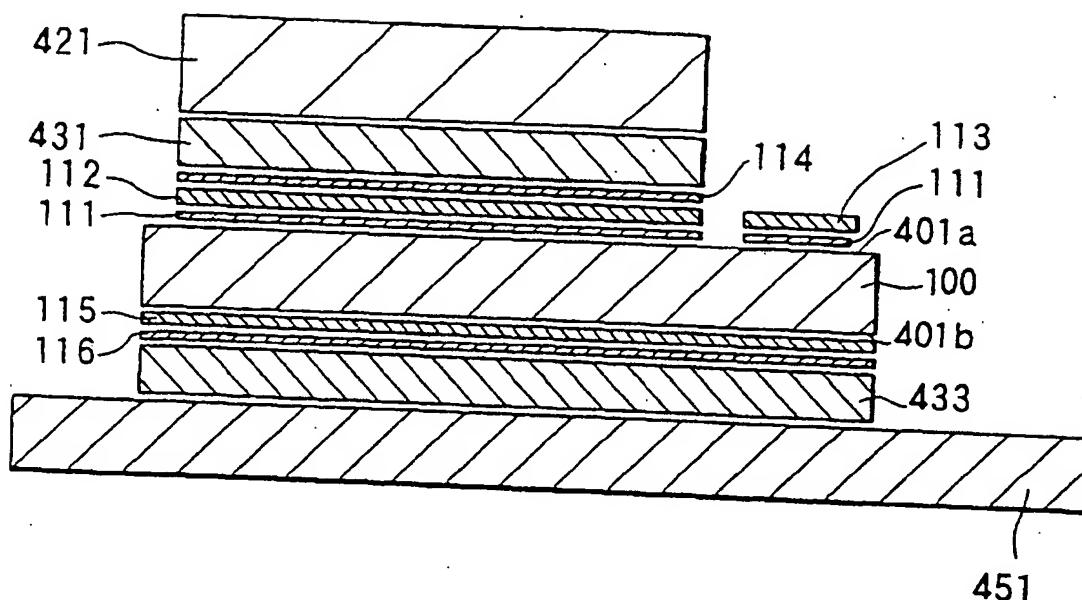


FIG. 26

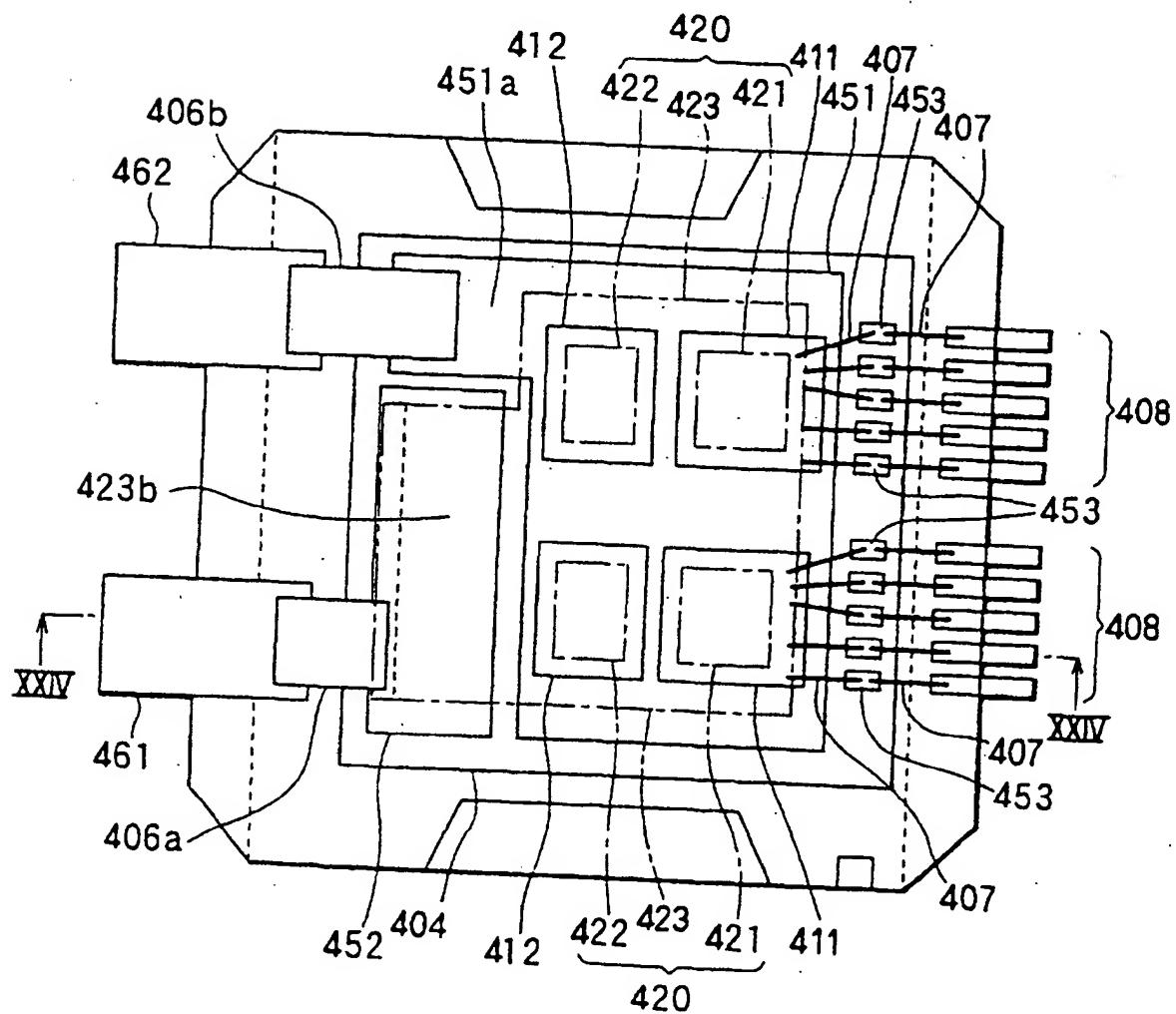


FIG. 27

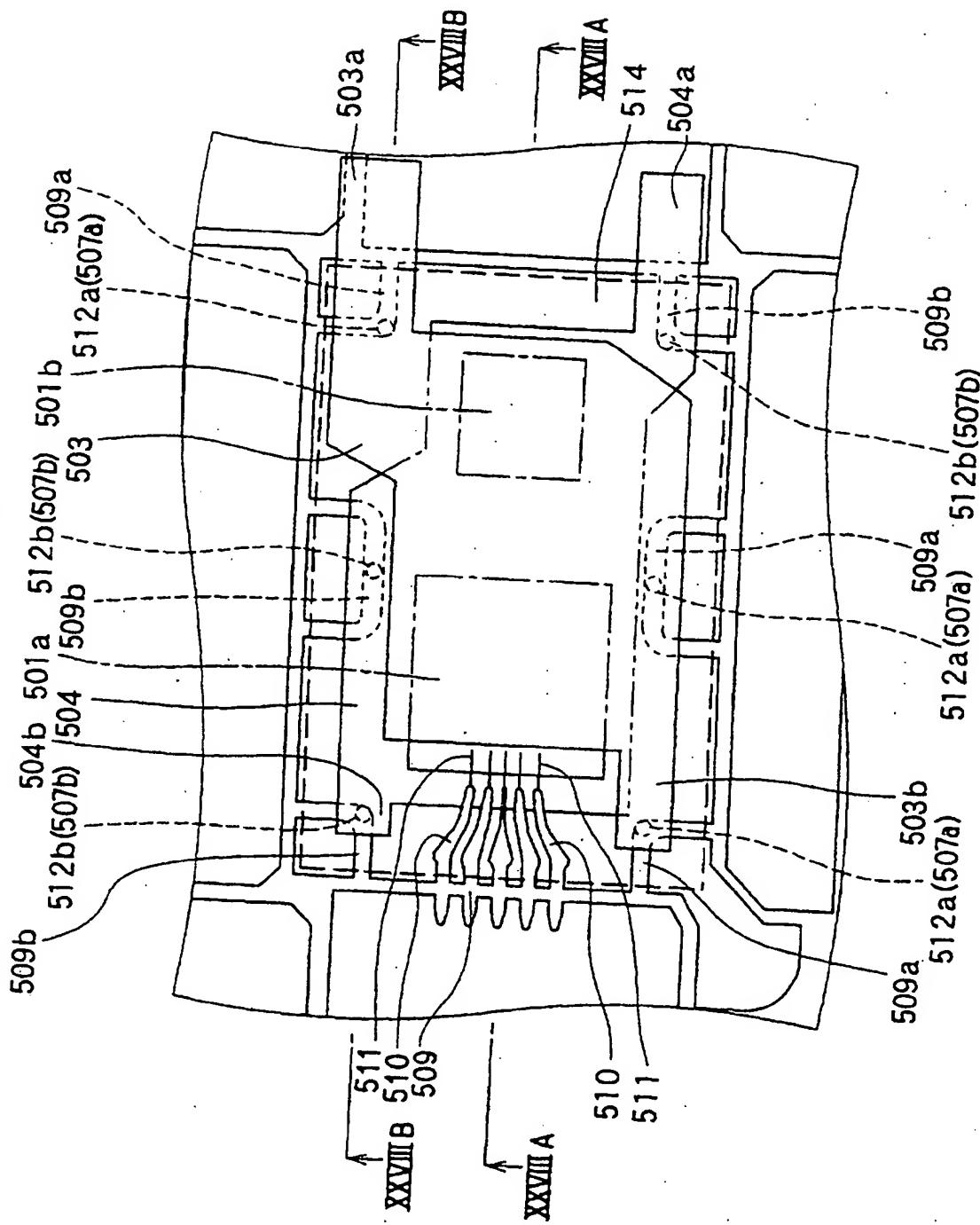


FIG. 28A

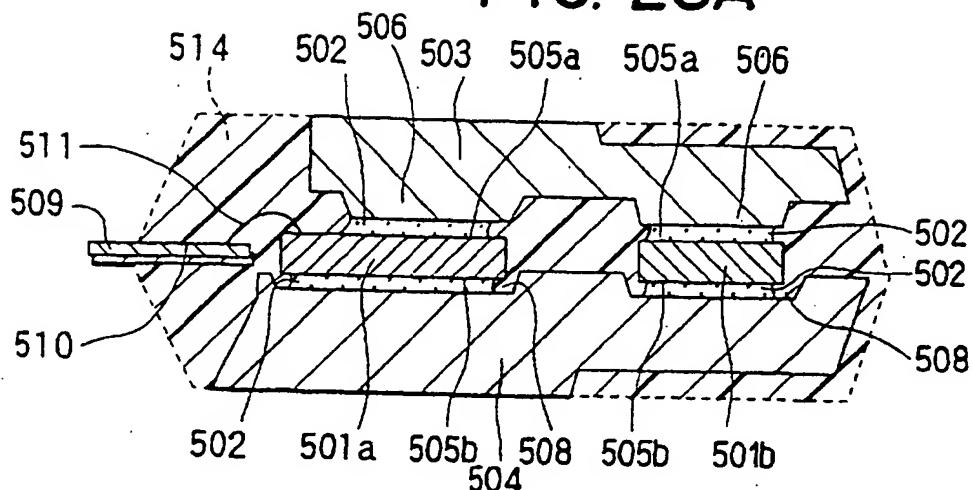


FIG. 28B

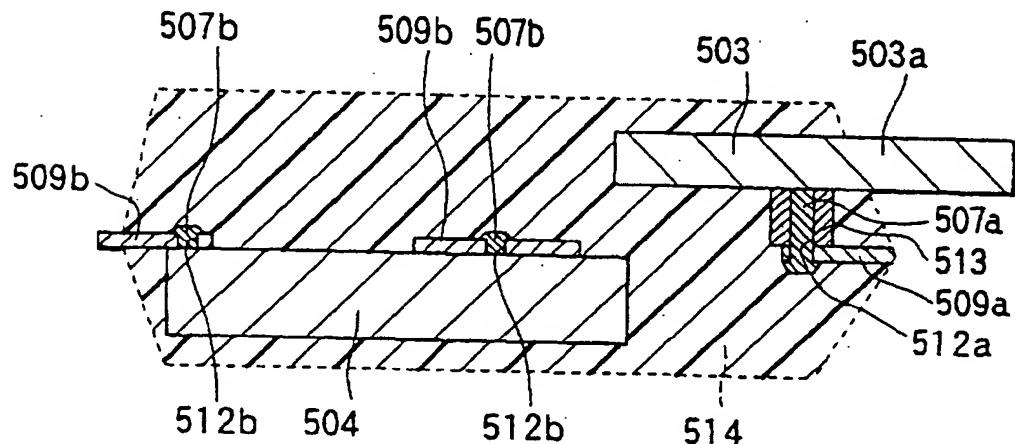
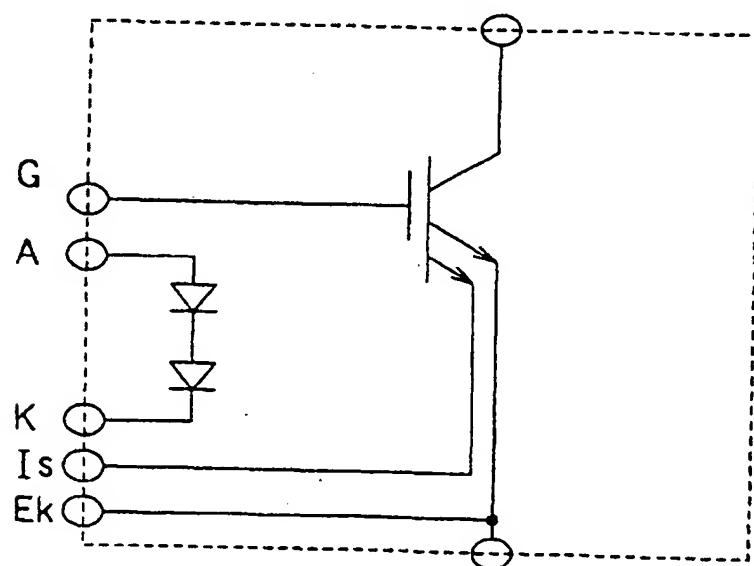
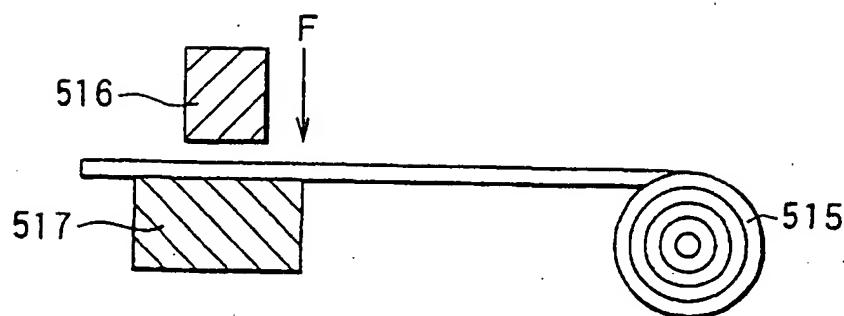


FIG. 29

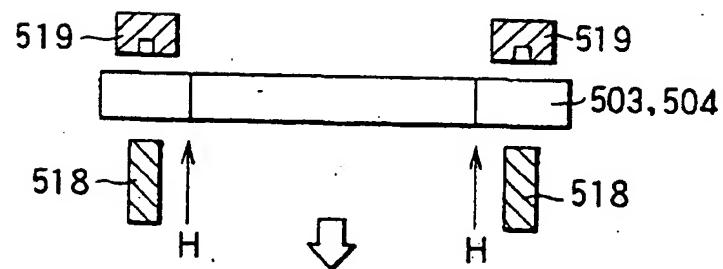
C



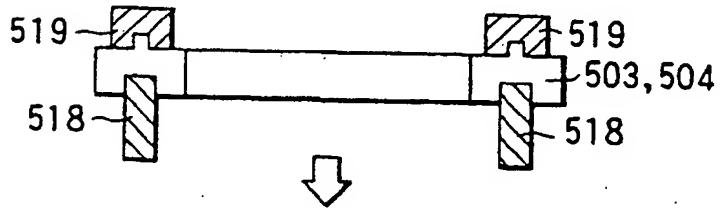
## FIG. 30A



## FIG. 30B



## FIG. 30C



## FIG. 30D

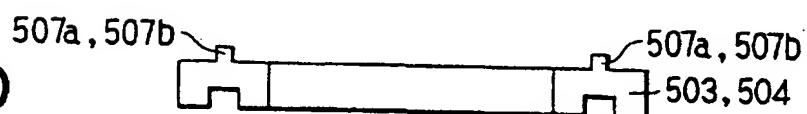


FIG. 31

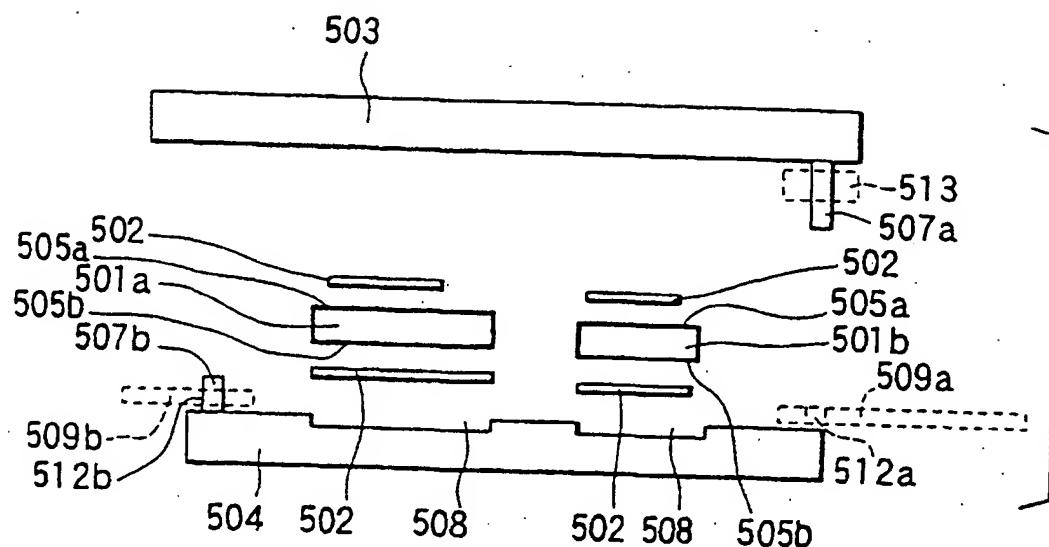


FIG. 32A

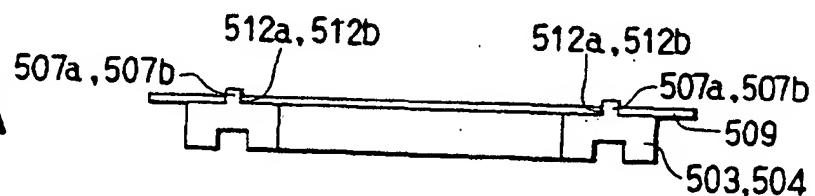


FIG. 32B

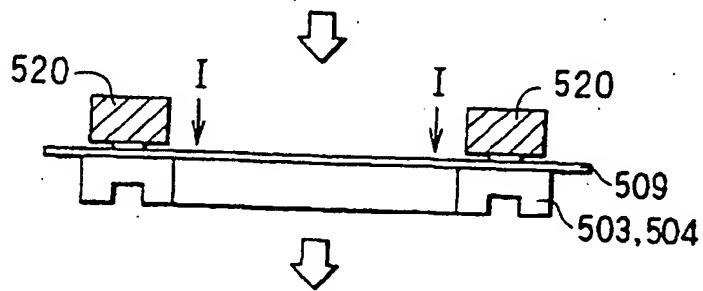


FIG. 32C

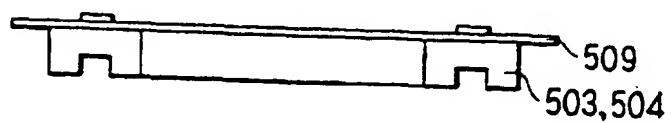


FIG. 33

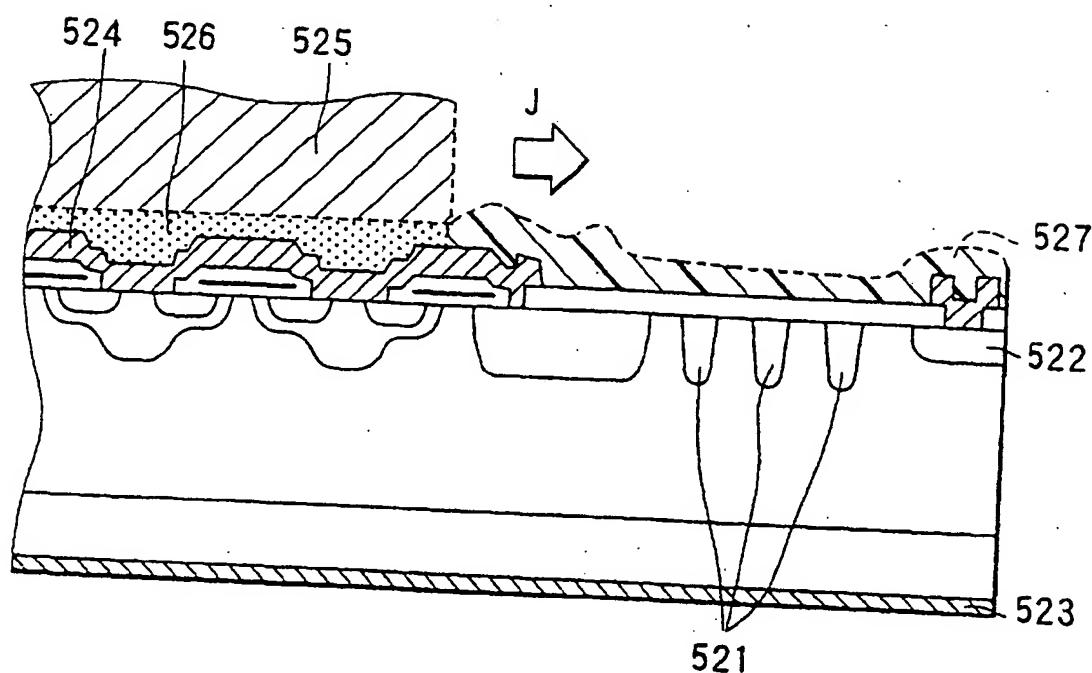


FIG. 34

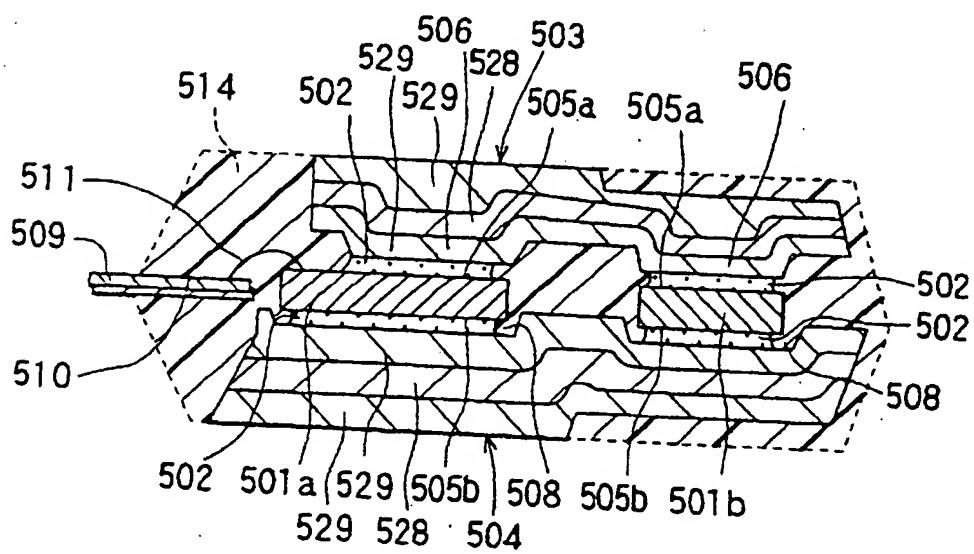


FIG. 35A

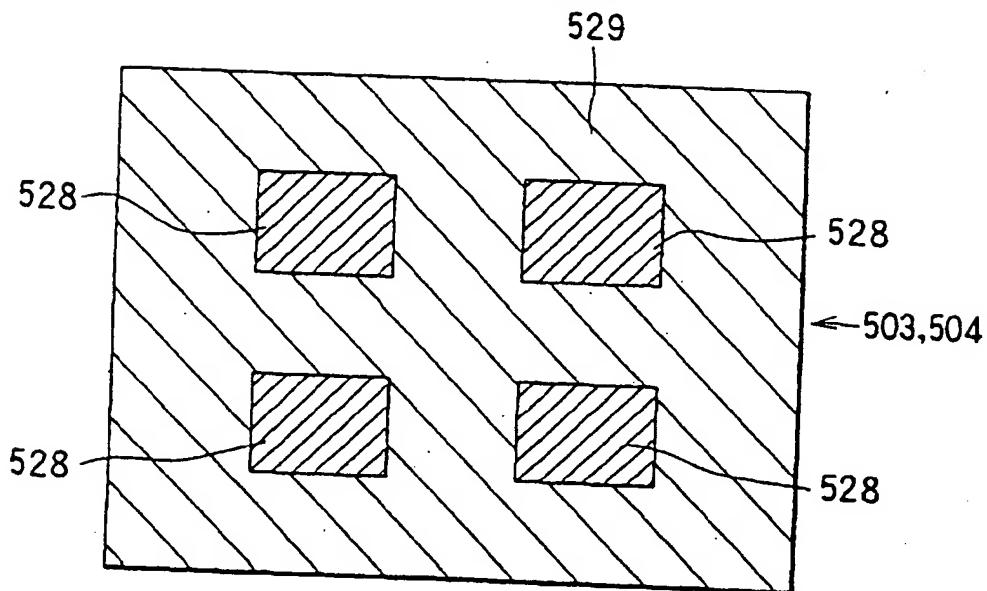


FIG. 35B

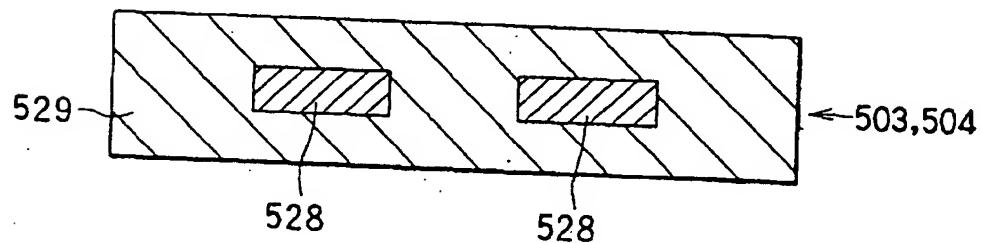


FIG. 36

